В.І. Теличкун, Ю.С. Теличкун, О.О. Губеня,
С.В. Стефанов, С.Т. Дамянова

Технологічне обладнання харчових виробництв

Навчальний посібник

Рекомендовано Вченою радою
Національного університету харчових технологій
як навчальний посібник для здобувачів закладів вищої освіти
за спеціальністю 181 «Харчові технології»

Київ – 2023

УДК 664-029:62](075.8)
Т38

Рекомендовано Вченою радою Національного університету харчових технологій як навчальний посібник для здобувачів закладів вищої освіти за спеціальністю 181 «Харчові технології».

Рецензенти: **Валерій Сукманов,** д-р техн. наук, професор, Полтавський державний аграрний університет
Олександр Васильченко, голова ради об'єднання "Укрхлібпром"
Галина Поліщук, д-р техн. наук, професор, Національний університет харчових технологій
Олександр Серьогін, д-р техн. наук, професор, Національний університет харчових технологій

Т38 Технологічне обладнання харчових виробництв: Навчальний посібник / В.І. Теличкун, Ю.С. Теличкун, О.О. Губеня, С.В. Стефанов, С.Т. Дамянова. – Київ: Видавництво «Сталь», 2023. – 634 с.

ISBN 978-617-676-198-3

У навчальному посібнику викладено інформацію про машини та апарати харчових виробництв, зокрема: обладнання для зберігання, транспортування, підготовки сировини, тари та технологічного обладнання до основних виробничих процесів; механічного перероблення сировини та напівфабрикатів розділенням, з'єднанням і формуванням; проведення теплових, масообмінних і біотехнологічних процесів; оброблення харчових продуктів електрофізичними та мембранними методами. Наводиться інформація про потокові лінії виробництва харчової продукції.

Навчальний посібник призначений для здобувачів вищої освіти, які навчаються за освітньою програмою «Харчові технології», а також буде корисним для здобувачів споріднених програм, зокрема з інжинірингу харчових та біотехнологічних виробництв, аспіарантів, викладачів закладів вищої освіти та коледжів і фахівців підприємств харчових галузей.

Видано в авторській редакції

© В.І. Теличкун, Ю.С. Теличкун, О.О. Губеня, С.В. Стефанов, С.Т. Дамянова, 2023

ISBN 978-617-676-198-3

Зміст

Вступ…… 12
Розділ 1. Загальні відомості про машини і апарати харчових виробництв……... 14
1.1. Основні терміни та визначення…….. 14
1.2. Техніко-економічні показники технічного рівня і ефективності технологічних машин і автоматів…….. 16
1.3. Види продуктивності харчового обладнання…… 17
1.4. Показники надійності машин……. 20
1.5. Показники технологічності машини…….. 21
1.6. Класифікація машин і апаратів харчових виробництв…. 21
1.7. Форми організації технологічного процесу…….. 24
1.8. Вимоги до технологічних процесів і обладнання харчових комплексів……... 26
1.9. Принципи організації та оптимізації технологічних комплексів харчових виробництв…….. 29
Питання для самоперевірки…….. 34

Розділ 2. Технологічні лінії харчових виробництв……. 36
2.1. Лінія виробництва спирту……... 36
2.1.1. Стадії технологічного процесу…… 37
2.1.2. Машинно-апаратурна схема виробництва етилового спирту…… 37
2.1.3. Інтенсивний спосіб розварювання і зацукрення крохмалемістної сировини…….. 43
2.2. Технологічна лінія виробництва солоду…… 45
2.2.1. Стадії технологічного процесу……. 45
2.2.2. Машинно-апаратурна схема виробництва солоду….. 50
2.3. Технологічна лінія виробництва пива…… 53
2.3.1. Стадії технологічного процесу……. 55
2.3.2. Машинно-апаратурна схема виробництва пива…….. 59
2.3.3. Особливості виробництва безалкогольного пива….. 62
2.4. Технологічна лінія виробництва вина…….. 63
2.4.1. Технологічні схеми виробництва вин…….. 64
2.4.2. Машинно-апаратурна схема виробництва вина……. 70
2.5. Технологічний комплекс виробництва вівсяних пластівців…… 71

2.5.1. Стадії виробництва вівсяних пластівців…….. 71
2.5.2. Машинно-апаратурна схема виробництва вівсяних пластівців…….. 71
2.6. Технологічна лінія виробництва кави…… 75
2.6.1. Стадії технологічного процесу виробництва смаженої кави……... 76
2.6.2. Машинно-апаратурна схема виробництва смаженої кави…… 76
2.6.3. Стадії виробництва розчинної кави……. 81
2.6.4. Машинно-апаратурна схема виробництва розчинної кави…… 81
2.7. Технологічна лінія виробництва борошна…… 84
2.7.1. Стадії виробництва борошна…… 84
2.7.2. Машинно-апаратурна схема виготовлення борошна 91
2.8. Технологічна лінія виробництва пастеризованого молока…….. 96
2.8.1. Технологічні схеми перероблення молока…….. 96
2.8.2. Машино-апаратурна схема виробництва пастеризованого молока…….. 101
2.9. Технологічна лінія виробництва шоколаду……... 103
2.9.1. Стадії виробництва шоколаду…….. 103
2.9.2. Машинно-апаратурна схема виробництва шоколаду 112
2.10. Технологічна лінія виробництва цукру ……... 120
2.10.1.Стадії виробництва цукру з цукрових буряків…….... 120
2.10.2. Машинно-апаратурна схема виробництва цукру-піску з цукрових буряків……. 124
2.11. Технологічна лінія виробництва олії…… 129
2.11.1. Стадії технологічного процесу……... 130
2.11.2. Машинно-апаратурна схема виробництва олії…….. 136
2.11.3. Машинно-апаратурна схема виробництва олії хімічним способом……... 139
2.12. Технологічна лінія виробництва ковбасних виробів….. 143
2.12.1. Стадії виробництва ковбасних виробів…….. 143
2.12.2.Машинно-апаратурна схема лінії виробництва ковбасних виробів…… 149
2.13. Технологічна лінія виробництва хліба……. 152
2.13.1. Виробництво хліба із пшеничного брошна…… 152
2.13.2. Виробництво хліба із житнього і суміші житнього та пшеничного борошна…….. 160

2.13.3. Інноваційний спосіб виробництва хлібобулочних виробів……... 165
Питання для самоперевірки……... 168
Розділ 3. Обладнання для зберігання, транспортування, підготовки сировини, тари та технологічного обладнання до основних виробничих процесів……... 171
3.1. Обладнання для зберігання сировини…… 172
3.2. Обладнання для транспортування сировини та напівфабрикатів……... 173
3.3. Обладнання для підготовки сировини, напівфабрикатів та обладнання до основних технологічних операцій……... 187
3.3.1. Обладнання для відділення легких домішок……... 188
3.3.2. Обладнання для відділення важких домішок…….. 189
3.3.3. Обладнання для відділення феромагнітних домішок 192
3.3.4. Обладнання для миття сировини та очищення від зовнішньої оболонки…… 194
3.3.5. Обладнання для калібрування, сортування та інспекції плодово-овочевої сировини…… 198
3.3.6. Обладнання для очищення зовнішньої оболонки сировини…… 201
3.3.7. Обладнання для миття тари, санітарної підготовки машин, апаратів, місткостей та трубопроводів……. 203
Питання для самоперевірки…….. 214

Розділ 4. Обладнання для механічного перероблення сировини і напівфабрикатів розділенням…… 216
4.1. Класифікація обладнання для механічного оброблення сировини розділенням……. 216
4.2. Обладнання для подрібнення харчових матеріалів…….. 216
4.2.1. Обладнання для подрібнення…… 220
Вальцьові верстати…… 221
Млини і дробарки…….. 223
4.2.2. Обладнання для диспергування емульсій…… 229
4.2.3. Протиральні машини……. 231
4.3. Обладнання для розділення харчових продуктів різанням…… 233
4.3.1. Загальні відомості…….. 233
4.3.2. Класифікація обладнання для різання……. 236
4.3.3. Різальні машини для нарізання харчових продуктів.. 237

4.3.4. Машини для середнього і тонкого подрібнення……. 242
4.3.5.Машини для тонкого подрібнення…… 244
4.4. Обладнання для розділення сипких сумішей…… 246
4.4.1. Способи розділення сипких сумішей……... 246
4.4.2. Повітряні сепаратори……. 247
4.4.3. Ситові сепаратори…….. 252
4.4.4. Трієри…….. 261
4.4.5. Фрикційні сепаратори…… 266
4.4.6. Магнітні сепаратори…….. 270
4.5. Обладнання для виділення рідкої фракції пресуванням.. 275
4.6. Обладнання для розділення неоднорідних дисперсних систем……... 281
4.6.1. Типи неоднорідних систем…… 281
4.6.2. Обладнання для розділення неоднорідних систем у гравітаційному полі…….. 282
4.6.3. Обладнання для розділення дисперсних систем у відцентровому полі…….. 287
Центрифуги…… 287
Сепаратори……. 296
Гідроциклони і циклони…… 301
4.6.4. Обладнання для фільтрування…….. 304
Фільтри періодичної дії……. 305
Фільтри безперервної дії……... 310
Питання для самоперевірки……... 315

Розділ 5. Технологічне обладнання для механічної переробки сировини та напівфабрикатів з'єднанням…… 318
5.1. Класифікація……. 318
5.2. Машини для приготування тістоподібних харчових мас. 319
5.2.1. Змішувальні машини періодичної дії…….. 320
5.2.2. Змішувальні машини безперервної дії……. 325
5.3. Обладнання для перемішування компонентів із метою одержання рідких напівфабрикатів, емульсій та піни…….. 330
5.4. Обладнання для перемішування з метою одержання сипких напівфабрикатів……. 343
Питання для самоперевірки…….. 349

Розділ 6. Обладнання для механічного перероблення сировини та напівфабрикатів формуванням…….. 351
6.1. Класифікація методів і обладнання для формування. Структурно-механічні властивості харчових мас…… 351
6.2. Обладнання для формування харчових продуктів пресуванням……. 360
6.3. Обладнання для формування харчових продуктів штампуванням……. 368
6.4. Обладнання для формування харчових продуктів екструзією…… 377
6.4.1. Екструдери з поршневим нагнітанням……. 380
6.4.2. Екструдери з вальцьовим нагнітанням тіста……... 385
6.4.3. Екструдер з лопатевим нагнітанням тіста……... 387
6.4.4. Екструдери із зубчастим нагнітанням……. 388
6.4.5. Екструдери зі шнековим нагнітанням……. 390
6.4.7. Екструдери з пневматичним нагнітанням…….. 396
6.5. Обладнання для формування харчових продуктів округленням, розкочуванням, закочуванням і витягуванням 398
6.6. Обладнання для формування харчових продуктів різанням…… 408
6.6.1. Струннорізальна машина …… 408
6.6.2. Машини з дисковими ножами……. 410
6.6.3. Машина з гільйотинними ножами …….. 411
6.6.4. Механізм поперечного різання шарів пастили …….. 412
6.6.5. Машина для надрізання тістових заготовок …….. 413
6.7. Обладнання для формування харчових продуктів обкочуванням…….. 415
6.8. Обладнання для формування зі зміною агрегатного стану (відливання)……... 417
Питання для самоперевірки…….. 421

Розділ 7. Обладнання для проведення теплових і масообмінних процесів……. 424
7.1. Технологічне обладнання для проведення теплообмінних процесів…… 425
7.1.1. Класифікація теплообмінних апаратів …… 427
7.1.2. Трубчасті теплообмінні апарати…….. 429
7.1.3. Змієвикові теплообмінні апарати……. 435
7.1.4. Пластинчасті та спіральні теплообмінні апарати…... 436

7.1.5. Пароконтактні нагрівальні апарати……. 439
7.1.6. Оболонкові теплообмінні апарати…… 441
7.1.7. Поверхневі та змішувальні конденсатори……... 442
7.1.8. Комбіновані теплообмінники…… 445
7.2. Обладнання для теплового оброблення сировини…… 446
7.2.1. Обладнання для бланшування і ошпарювання сировини…… 446
7.2.2. Обладнання для варіння сировини……... 449
7.2.3. Обладнання для пастеризації та стерилізації харчової сировини…… 454
7.2.4 Промислові печі…….. 461
7.2.5. Обсмажувальні та обпалювальні апарати…… 471
7.3. Обладнання для проведення тепломасообмінних процесів ……... 478
7.3.1. Обладнання для сушіння……... 478
Методи сушіння……. 479
Класифікація сушильних апаратів……... 480
Камерні сушильні апарати…… 480
Сушильний апарат шафового типу…….. 480
Тунельні сушильні апарати…….. 481
Конвеєрний стрічковий сушильний апарат…… 482
Шахтні апарати для сушіння …….. 483
Барабанні сушильні апарати……. 484
Сушильні апарати з віброкиплячим шаром…… 485
Валкові сушильні апарати…… 487
Вакуум-сушильний апарат з перемішувальним пристроєм……... 488
Розпилювальний апарат для висушування…… 489
Сублімаційні сушильні апарати……... 491
Інфрачервоні сушильні апарати……... 492
7.3.2. Обладнання для випарювання, згущення та кристалізації харчових продуктів……... 493
Випарні апарати …… 494
Випарний апарат з центральною трубою…… 494
Сферичний вакуум-апарат…… 496
Уніфікований змієвиковий вакуум-апарат…….. 498
Трубчасті випарні апарати з кожухотрубною камерою нагрівання……... 496
Уніфіковані циркуляційні апарати……... 499

Вакуум-випарні апарати з двостінною нагрівальною камерою…….. 502
Багатокорпусні випарні установки…….. 503
Обладнання для кристалізації…….. 504
7.3.3. Обладнання для перегонки і ректифікації……... 508
Апарат для простої перегонки (дистиляції)…… 508
Апарати для перегонки з дефлегмацією…….. 509
Перегонка з водяною парою……. 511
Перегонна установка для одержання ефірних олій…… 511
Ректифікаційна установка безперервної дії…… 512
Ректифікаційна колона…….. 515
Тарілки ректифікаційних колон……... 515
Насадкові ректифікаційні колони…… 520
Плівкові ректифікаційні апарати……. 521
7.4. Обладнання для проведення масообмінних процесів….. 523
7.4.1. Обладнання для екстрагування..…….. 523
Класифікація обладнання для екстрагування……. 525
Екстрактори періодичної дії……. 525
Екстрактор з киплячим шаром…….…… 527
Екстрактор для одержання желатину…….. 528
Екстрактори безперервної дії……... 529
Двоколонний шнековий екстрактор ……... 529
Екстрактор з пружними пластинами……... 530
Похилий екстрактор для одержання розчинної кави……. 531
Похила двошнекова дифузійна установка…….. 533
Обладнання для рідинної екстракції…… 535
Розпилювальний колонний екстрактор …….. 535
Насадковий колонний екстрактор ……... 535
Тарілчастий колонний екстрактор …….. 536
7.4.2. Обладнання для проведення сорбційних процесів…. 537
Іонний обмін……... 538
Поверхневі абсорбери……... 539
Плівкові абсорбери…… 539
Каскадні плівкові абсорбери…… 540
Трубчасті плівкові абсорбери…….. 541
Плівковий абсорбер з листовою насадкою …… 541
Абсорбери з висхідним рухом плівки……. 541
Насадкові плівкові абсорбери ……. 542
Сатуратори……. 543

Абсорбційні колони із псевдорозрідженим шаром…… 545
Барботажні тарілчасті абсорбери……. 546
Розпилювальні абсорбери……. 547
Абсорбери з механічним перемішуванням……. 548
Вертикальний адсорбер……. 548
Кільцевий адсорбер……... 549
Адсорбер безперервної дії…… 549
Апарати для адсорбційного очищення води і водяних розчинів…….. 551
Адсорбер з нерухомим шаром сорбенту……. 551
Сорбційна установка безперервної дії……. 552
Іонні реактори…… 553
7.4.3. Обладнання для розчинення сировини…… 554
Установка для зберігання та приготування сольового розчину……... 554
Апарат для розчинення (відновлення) сухих молочних продуктів…… 556
Питання для самоперевірки……... 557

Розділ 8. Обладнання для проведення біотехнологічних процесів……... 562
Класифікація обладнання для проведення біотехнологічних процесів…… 562
8.1. Обладнання для проведення мікробіологічних процесів 563
8.1.1. Обладнання для виробництва хлібопекарських дріжджів…… 564
8.1.2. Обладнання для спиртового бродіння харчових середовищ……. 565
Апарати для бродіння і доброджування пива……..... 565
Обладнання для зброджування сусла у виробництві спирту……. 569
Апарат для зброджування сусла у виробництві вина ….. 570
Обладнання для бродіння хлібного квасу……... 572
8.1.3. Обладнання для бродіння опари та тіста……. 573
Підкатна діжа …… 573
Тістоготувальний агрегат кільцевого типу……. 574
Пятисекційний бункер для бродіння тіста ……. 575
Шестисекційний бункер для бродіння ……... 576
Коритоподібний бункер для бродіння …… 576

Обладнання для попереднього вистоювання тістових заготовок…… 579
Обладнання для кінцевого вистоювання тіста…….. 581
8.2. Обладнання для виробництва солоду…… 586
8.3. Обладнання для засолювання та дозрівання м'яса і молочних продуктів…… 590
8.3.1. Обладнання для засолювання та дозрівання м'яса…. 590
8.3.2. Обладнання для засолювання і дозрівання молочних продуктів…….. 594
8.4. Обладнання для копчення м'яса …… 599
Питання для самоперевірки…….. 606

Розділ 9. Технологічне обладнання для оброблення харчових продуктів електрофізичними та мембранними методами……. 608
9.1. Обладнання для оброблення харчових продуктів електричним струмом……. 610
Валкові електроплазмолізатори……. 613
9.2. Обладнання для оброблення харчових продуктів електромагнітними хвилями …… 614
Обладнання для оброблення харчових продуктів інфрачервоним випромінюванням…….. 617
Обладнання для ультрафіолетового опромінювання харчових матеріалів …… 618
9.3. Обладнання для оброблення харчових продуктів мембранним методом…….. 620
Мембранні апарати з плоскими мембранами……. 622
Мембранні апарати з рулонними мембранами……... 623
Мембранні установки з трубчастими мембранами…… 625
Мембранні установки з капілярними мембранами…… 626
Питання для самоперевірки……... 628

Література……... 630

Передмова

Тематика. У навчальному посібнику представлено інформацію про машини і апарати харчових виробництв, а також основні потокові лінії виробництва харчової продукції, які розглядаються під час вивчення навчальних курсів «Обладнання харчових виробництв», «Інжиніринг біопроцесів», «Обладнання технологічних ліній», «Інноваційне обладнання галузі», «Процеси і обладнання харчових виробництв» та інших суміжних курсів.

Особливості. Перед вивченням конструкцій машин і апаратів надається опис процесів, які у них відбуваються. Для складних конструкцій наводяться попередні спрощені схеми. Такий стиль викладення буде зрозумілим для студентів технологічних та інших освітніх програм, якими не передбачена попередня глибока загальноінженерна підготовка. Посібник також буде цікавим і корисним для студентів технічних освітніх програм, зокрема, з інжинірингу харчових та біотехнологічних виробництв.

Для кожної функціональної групи обладнання наведено його класифікацію. Окремі групи обладнання, наприклад, обладнання для підготовки сировини або фінішних операцій складно втиснути у загальноприйняту класифікацію. Яким чином розглядати ці групи – окремо або у складі інших – вирішувати викладачу.

Історія. Навчальний посібник написаний вченими кафедри машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв *Національного університету харчових технологій* у співавторстві з вченими профільних кафедр *Університуту харчових технологій* (м. Пловдів, Болгарія) та *Русенського університету* (Болгарія) на основі тривалого досвіду підготовки фахівців інженерних спеціальностей.

Минулі покоління вчених і практиків харчових галузей створили потужну базу для підготовки фахівців із харчових технологій та інжинірингу. Фундатором наших освітніх традицій, які сягають середини 18-го сторіччя, був *Микола Черіковський* – інженер-механік та директор цукрових заводів, науковець і винахідник, куратор курсів підвищення кваліфікації цукровиків та засновник навчальних закладів для підготовки фахівців цукрової галузі – попередників Національного університету харчових технологій. Перед Миколою Черіковським стояло завдання – як систематизувати інформацію про обладнання та донести її студентам, як поєднати теорію із практичною підготовкою. Учні Миколи Черіковського, зокрема, Іван

Кухаренко, продовжили його справу, розширивши предмет своєї роботи на обладнання інших харчових виробництв.

Починаючи із 1930-х років, за ініціативи професорів Олександра Кірова та Гліба Знаменського в Університеті (тоді – Київський технологічний інститут харчової промисловості) створюється наукова школи з бродильних виробництв. Тоді ж починається підготовка інженерів-механіків для бродильної, біотехнологічної, м'ясної та молочної галузей, створюються нові технологічні спеціальності – технологія хліба, м'ясних і молочних виробів, бродильних та інших харчових виробництв. Видаються перші підручники та інформаційні матеріали для студентів.

Із середини 1940-х років в Університеті починає діяти наукова школа із промислових хлібопекарських печей під керівництвом професора Абрама Міхелєва.

Розвиток, систематизацію та оновлення навчально-методичної бази для вивчення машин і апаратів продовжили вчені бродильної та біотехнологічної галузей Всеволод Стабніков, Володимир Аністратенко, Віталій Домарецький та Віталій Таран; хлібопекарської та кондитерської галузі – Орест Руденко-Грицюк, Олексій Лісовенко і Світлана Сидоренко, м'ясної та молочної галузей – Михайло Клименко, Геннадій Бабанов та Володимир Дорощук, цукрової галузі – Микола Архипович, Володимир Попов, Микола Бузикін та Іван Гулий. Напрям надійності та довговічності обладнання харчових виробництв розвивався під керівництвом вчених-машинобудівників Григорія Прейса, Миколи Сологуба і Олександра Некоза.

Сучасне покоління вчених Національного університету харчових технологій береже наукові та освітні традиції, розвиває згадані наукові школи, створює інноваційні розробки та впевнено дивиться у майбутнє харчових галузей.

Очікування. Завершальна робота над виданням проводилася у непростий час російського вторгнення. Автори в очікуванні Перемоги вірять, що навчальний посібник буде корисним новому поколінню молодих фахівців, які розбудовуватимуть харчові та суміжні галузі Української економіки.

Зауваження і побажання читачів та фахівців будуть прийняті авторами із вдячністю та взяті до уваги у подальшій роботі.

Розділ 1

Загальні відомості про машини і апарати харчових виробництв

1.1. Основні терміни та визначення

Виробничий процес – сукупність сумісних дій людей і засобів виробництва, в результаті яких з вихідних матеріалів, заготовок, складових частин отримують готову продукцію певного призначення.

Технологічним процесом – називають процес штучного впливу на предмет праці з метою отримання необхідних змін його властивостей, форми та розмірів. Це вплив здійснюється за допомогою технологічного обладнання.

Способи впливу технологічного обладнання на оброблювані предмети дуже різноманітні, проте кожен з них пов'язаний з витратами і перетвореннями енергії.

Технологічна операція – закінчена частина технологічного процесу, яка виконується на одному робочому місці при виготовленні однієї і тієї ж продукції.

Промислове обладнання – це вироби машинобудування, які призначені для перетворення енергії, матеріалів та інформації.

Залежно від призначення обладнання поділяється на три класи:

- Енергетичне обладнання (машини-двигуни та інші енергетичні установки).
- Технологічне обладнання, в тому числі і допоміжне обладнання, транспортувальні машини і пристрої.
- Лічильно-аналітичне обладнання і керуючі машини.

Предметом вивчення в даному курсі є технологічне обладнання.

Технологічні процеси на основі механічної роботи по зміні форми, положення, розміру, структури та інших властивостей оброблюваних об'єктів називаються механічними, так як вони відбуваються за допомогою машин і механізмів.

Робоча машина здійснює технологічні операції, які максимально замінюють живу працю людини, причому досягається підвищення продуктивності і зниження собівартості готової продукції.

Кожна машина складається з трьох основних елементів: рухового, передавального і робочого механізму (робочого органу).

Двигун призначений для перетворення електричної енергії в механічну роботу. Сучасні машини харчових виробництв приводяться в рух, головним чином, індивідуальними електродвигунами.

Передавальний механізм забезпечує передачу руху від двигуна до виконавчого механізму (робочого органу).

Виконавчим механізмом служить система рухомих пов'язаних елементів, які забезпечують рух робочих органів за заданим законом.

Робочим органом є ті частини машини, які вступають в контакт з продуктом і впливають на нього. Робочі органи безпосередньо впливають на оброблюваний продукт або матеріал згідно заданого технологічного процесу. У багатьох випадках процес в машині виконується декількома робочими органами, кожен з яких виконує певну операцію. Такі машини називаються складними на відміну від простих машин з одним робочим органом.

Робочі органі виконують обробку сировини, як правило, в робочому просторі, якій в свою чергу впливає на продукт, що обробляється.

В апаратах обробка сировини відбувається в робочому об’ємі за рахунок немеханічних процесів.

Досить часто при обробці сировини відбувається одночасно декілька різнорідних процесів механічних, фізико-хімічних, теплових, електрофізичних та інших. Тобто в окремих випадках технологічне обладнання комбінує в собі машину і апарат.

Робочі органи, поділяться на такі, що обробляють продукт, і такі, що його утримують, які можуть фіксувати оброблюваний виріб нерухомо за відносного руху оброблювального робочого органу, і в іншому випадку, оброблювальний робочий орган нерухомий, а рухається продукт разом з утримувальним робочим органом.

Виконавчі механізми характеризуються умовами роботи робочих органів і розділяються на механізми безперервної і періодичної дії. Робочі органи механізмів безперервної дії знаходяться в контакті з продуктом протягом всього циклу руху механізму. У механізмах періодичної дії робочі органи знаходяться в контакті з продуктом лише протягом частини руху механізму

(робочий рух), іншу частину часу робочі органи знаходяться в неробочому стані.

Кінематична система передавального і виконавчого механізмів визначає закони руху робочих органів, швидкості і прискорення окремих ланок системи. Вона також визначає взаємозв'язок рушійного, передавального та виконавчого механізмів.

Робочі органи є веденими ланками виконавчих механізмів, і іноді буває важко провести точну межу між тими і іншими.

Будь-який технологічний процес є цілеспрямованим і звичайно може бути розбитий на ряд операцій, які здійснюються за заданою програмою.

Операції можуть бути основними і допоміжними. Перші полягають у безпосередній зміні властивостей, форми і розмірів оброблюваних об'єктів. Допоміжні операції, наприклад, транспортування, забезпечує виконання основних операцій. Відповідно до характеру операцій робочі органи можуть бути основними і допоміжними.

Крім основних елементів сучасні машини оснащені додатковими механізмами:

- установчі та регулювальні механізми;
- механізми управління;
- механізми захисту та блокування.

Механізми захисту та блокування запобігають неправильному або несвоєчасному включенню або відключенню окремих механізмів. Вони також призначені для захисту механізмів і машин під час аварії поєднаних машин і механізмів або невідповідність властивостей виробів заданим умовам.

Завдання структурного аналізу машини полягає в побудові її технологічної, структурної та кінематичної схеми і визначити параметри роботи всіх механізмів складальних одиниць і деталей.

1.2. Техніко-економічні показники технічного рівня і ефективності технологічних машин і автоматів

Оцінка рівня якості обладнання проводиться за основними і додатковими групами показників.

До основних груп показників відносяться:

- техніко-експлуатаційні;
- надійності;

– технологічності;
– стандартизації та уніфікації;
– ергономічні;
– естетичні.

До додаткових груп показників відносяться:
– патентно-правові;
– безпеки праці;
– якості виготовлення.

По кожній групі показників приймається мінімальна кількість одиничних показників, необхідних для оцінки рівня якості конкретних виробів.

До групи техніко-експлуатаційних показників (призначення) належать:
– продуктивність (або інший головний показник);
– показник технологічної ефективності;
– коефіцієнт автоматизації;
– потужність двигуна;
– питоме споживання: електроенергії, пари, води.
– займана площа за габаритними розмірами і питома займана площа;
– маса виробу в зборі.

1.3. Види продуктивності харчового обладнання

Продуктивністю машини називається кількість продукції, яку машина переробляє або випускає за одиницю часу. Залежно від вибору одиниці часу і кількості продукції продуктивність може, виражатися в штуках, кілограмах, кубометрах за секунду, хвилину, годину і т.д.

Розрізняють три види продуктивності: теоретичну G фактичну $G_ф$ і технологічну $G_т$.

Теоретична продуктивність G є основним параметром машини.

Для будь-якої машини G – величина цілком визначена. Теоретична продуктивність – кількість продукції, яку машина випускає за одиницю часу за безперебійної і безперервної роботи, вона прямо пропорційна числу робочих циклів за одиницю часу.

Якщо машина працює безперебійно і по закінченню кожного робочого циклу видає один готовий виріб (кондиційний), то:

$$G = \frac{\Sigma Z}{T} = \frac{\Sigma Z}{\Sigma Z T_p} = \frac{1}{T_p} = Z$$

де:

ΣZ- сумарна кількість циклів за час ефективної роботи машини $T_{маш}$;

Z – кількість циклів за прийняту одиницю часу;

T_p – тривалість робочого циклу.

Для обладнання періодичної дії продуктивність машини:

$$G = \frac{M}{\tau_з + \tau_o + \tau_в} = \frac{V \rho \beta}{\tau_з + \tau_o + \tau_в}, \text{ кг/с}$$

де:

M – маса завантаженого продукту, кг;

V – геометрична ємкість робочого резервуару машини, м^3;

ρ – густина продукту, кг/м^3;

β – коефіцієнт заповнення ємкості;

$\tau_з$, $\tau_о$, $\tau_в$ – відповідно тривалість завантаження, оброблення і вивантаження, с;

Для обладнання безперервної дії:

$$G = f \cdot v \cdot \rho = b \cdot h \cdot \rho \text{ , кг/с}$$

де:

f – площа поперечного перерізу шару продукту, що обробляється;

v – швидкість руху продукту, м/с;

ρ – густина продукту, кг/м^3;

$в$, h – відповідно ширина і висота шару продукту, кг/м^3.

Під час оброблення штучної продукції, рівномірно розміщеної на транспортері:

$$G = \frac{g \cdot v}{l}, \text{ кг/с}$$

де:

g – маса одиниці продукції, кг;

v – швидкість руху продукту м/с;

l – відстань між одиницями продукції, м.

Фактичною продуктивністю $G_ф$ називається реальна кількість кондиційної продукції, яку машина випускає в середньому за одиницю часу за досить тривалий період її експлуатації, що включає різного роду позациклові втрати (технічне обслуговування, налагодження, аварії, відновлення працездатності машин після аварій, заміна інструменту, зупинки за організаційних причин) та втрати від браку.

Фактичний час експлуатації машини*:*

$$T_{екс} = T_{кал} - T_{втр.кал}$$

де:

$T_{кал}$ – загальний календарний час спостережень за роботою машини;

$T_{втр.кал}$ – втрати календарного часу (вихідні та святкові дні, не добова робота, обідні перерви);

$$T_{екс} = T_{маш} + \sum T_{втр.}$$

$$\sum T_{втр.} = T_{т.о.} + T_{орг} + T_{відм.} + T_{бр} = \sum T_{прост} + T_{бр}$$

де:

$T_{т.о.}$ – простоювання, пов'язані з передбаченим технічним обслуговуванням;

$T_{орг.}$- простоювання через відсутність сировини, заготовок, електроенергії, обслуговуючого персоналу за організаційних причин;

$T_{відм.}$ – простоювання через відмову машин (вони характеризують надійність машини);

$T_{бр.}$ – втрати часу на виробництво браку.

Відношення теоретичної продуктивності до фактичної називається *коефіцієнтом використання машини*:

$$K_в = \frac{G}{G_ф}.$$

Для оцінки досконалості машини вводиться поняття технологічної продуктивності і коефіцієнта її використання.

Технологічною продуктивністю називається така максимально можлива за даної технології кількість продукції за одиницю часу, яка могла б бути випущена, якби не було втрат на холості ходи, і протягом усього часу перебування оброблюваного об'єкту в машині він безперервно піддавався б обробці, як в машинах безперервно-потокового дії.

Відношення теоретичної продуктивності до технологічної називається *коефіцієнтом безперервності* обробки або *коефіцієнтом використання* технологічної продуктивності:

$$K_б = \frac{G}{G_m}.$$

Основною характеристикою машини є теоретична (циклова) продуктивність G. Вона залежить від класу машини, числа потоків, тобто одночасно оброблюваних об'єктів, від швидкостей робочих органів, від ступеня суміщення окремих операцій.

Головним показником якості для машин, як правило, є продуктивність, для ємностей – корисна місткість, для кранів – вантажопідйомність, для апаратів теплового оброблення продуктів – площа нагрівальної поверхні або площа поду.

Показник технологічної ефективності характеризує здатність даного виробу виконувати встановлений технологічний процес.

1.4. Показники надійності машин

Важливою характеристикою рівня ефективності машини є показник надійності, який характеризується сукупністю одиночних показників і понять.

Працездатність – стан машини, за якомго вона здатна виконувати задані функції з можливими перервами на ремонт до повного руйнування, коли відновлення працездатності втрачено, стає неможливим або економічно недоцільним.

Справність – стан машини, за якого вона відповідає основним і другорядним вимогам нормативно-технічної документації.

Відмова – стан машини, за якого порушена його працездатність. Відмова найчастіше пов'язана з руйнуванням деталей або їх поверхонь. Відмова може бути повною або частковою, коли зберігається можливість часткового використання виробу.

Напрацювання на відмову – це середній час роботи машини до першої відмови або середній час між двома сусідніми відмовами для відновлених машин.

Безвідмовність – здатність машини зберігати працездатність без вимушених перерв протягом заданого напрацювання.

Довговічність – властивість машини зберігати свою працездатність до кінцевого стану з необхідними перервами на технічне обслуговування та ремонт.

1.5. Показники технологічності машини

До показників технологічності машин відносяться:

– коефіцієнт використання матеріалу, який виражає відношення чистої ваги машини до ваги матеріалів і заготовок, з яких вона виготовлена;

– коефіцієнт взаємозамінності, який характеризує зниження трудомісткості складання і ремонту машини за рахунок зменшення кількості деталей і вузлів, які обробляються під час ремонту;

– коефіцієнт раціонального використання заготовок з литва, штамповок і профільного матеріалу.

1.6. Класифікація машин і апаратів харчових виробництв

Сучасне технологічне обладнання, що застосовується в харчовій промисловості, доцільно класифікувати за рядом наступних узагальнюючих ознак:

– характером впливу на оброблюваний продукт;
– структурою робочого циклу;
– ступенем механізації і автоматизації;
– функціональною ознакою.

Крім цих узагальнюючих ознак кожному виду обладнання притаманні свої властивості і особливості експлуатації, які повинні розглядатися під час їх вивчення.

За характером впливу на оброблюваний продукт розрізняють:

– машини, в яких здійснюється механічний вплив на продукти або матеріали, коли вони не змінюють своїх властивостей, а лише змінюють свою форму, розміри чи інші механічні параметри;

– апарати – особлива категорія робочих машин, в яких вплив на продукти здійснюється за допомогою хімічних, біохімічних, інших реакцій, або під впливом будь-якого силового поля, за яких змінюються їх фізичні, хімічні властивості або агрегатні стани.

В деяких випадках технологічне обладнання є комбінацією машин та апаратів, оскільки в ньому одночасно здійснюється механічний, фізико-хімічний та тепловий вплив.

За структурою робочого циклу розрізняють:

– машини та апарати періодичної дії;
– машини та апарати безперервної дії.

В машинах і апаратах періодичної дії оброблюваний продукт або матеріал піддається впливу протягом певного періоду часу і готовий продукт або вироби виводяться з апарату після закінчення цього періоду. Після цього процес відновлюється, повторюючись циклічно. Режим роботи робочих органів таких об'єктів під час циклу безперервно змінюється.

В машинах і апаратах безперервної дії має місце сталий у часі робочий процес, а також одночасне завантаження вихідного продукту і вихід готової продукції. Робочі органи такого обладнання працюють в стабільних умовах. Робочий процес розподілений не в часі, а в просторі.

За ступенем механізації і автоматизації операцій розрізняють:

– машини неавтоматичного дії;
– напівавтоматичні машини;
– автоматичні машини;
– самокеровані та самоорганізовані машини.

В машинах неавтоматичної дії допоміжні операції (завантаження, вивантаження, переміщення, контроль) і деякі технологічні операції здійснюються за безпосереднього впливу людини на предмет праці. В таких машинах механізми і знаряддя лише полегшують працю людини, але не усувають її.

В напівавтоматичних машинах всі основні технологічні процеси та операції виконуються машиною, ручними залишаються лише деякі транспортні, контрольні й інші допоміжні операції.

В автоматичних машинах технологічні операції і процеси, а також всі допоміжні операції і процеси, включаючи транспортні та контрольні, виконуються машиною.

Особливістю машин-автоматів і напівавтоматів є наявність, крім механізмів і пристроїв, властивих цим машинам, також спеціальних механізмів і пристроїв, що забезпечують автоматичне управління, та виконання машиною відповідної програми.

В самокеровані та саморганізовані машини закладена не програма, а сукупність певних показників, які враховують досвід роботи попередніх машин та рахунково-аналітичними пристроями для виконання логічних операцій. Машина оснащена датчиками контролю за сировиною і протіканням технологічного процесу, вона перевіряє якість сировини, вибирає програму оброблення, зміну програми виконує машина.

За принципом об'єднання у виробничому потоці розрізняють:

- окремі машини;
- агрегатні або комплексні машини;
- комбіновані машини;
- автоматичну систему машин.

Послідовний розвиток виробництва призводить до переходу від окремих машин до безперервного виробничому потоку.

Якщо машина має робочі органи, які виконують різні процеси та операції, пов'язані певною послідовністю, то вона є агрегатною або комплексною машиною.

Більш досконалими є комплексні машини, які здійснюють певний закінчений цикл операцій або процесів.

За комплексної автоматизації виробництва машинно-апаратурна система перетворюється в автоматичну систему машин.

За функціональною ознакою все обладнання, що застосовуються в харчових виробництвах, можна розділити на групи, що об'єднують принципово однакові машини і апарати за їх впливом на продукт і конструктивним оформленням. За цією ознакою побудовано виклад нашого курсу, в якому послідовно розглянуті наступні групи:

- обладнання для підготовки сировини, тари напівфабрикатів і технологічного обладнання до основних виробничих операцій;
- обладнання для механічної переробки сировини і напівфабрикатів розділенням;.
- обладнання для механічної переробки сировини і напівфабрикатів з'єднанням;
- обладнання для механічної переробки сировини і напівфабрикатів формуванням;

- технологічне обладнання для проведення теплових і масообмінних процесів для переробки сировини і напівфабрикатів;
- технологічне обладнання для проведення біотехнологічних процесів;
- технологічне обладнання для електрофізичної обробки сировини і напівфабрикатів;
- обладнання для виконання фінішних операцій.

1.7. Форми організації технологічного процесу

Сучасне виробництво прагне до безперервно-потокової форми організації виробництва, як найбільш досконалої.

Організація технологічного потоку визначається не тільки якістю складових її операцій, але і видом зв'язків між окремими операціями і видом зв'язку ланок потоку.

За видом зв'язків між операціями технологічний потік може бути з жорстким, гнучким і напівгнучким зв'язком.

У потоці з жорстким зв'язком тривалість циклу кожної операції повинна бути однаковою або кратною циклу провідної операції (рисунок 1.а). Потік з гнучким зв'язком характерний тим, що між окремими операціями немає жорсткого зв'язку, кожна ланка є незалежною і за ритмом, і за продуктивністю (рисунок 1.1.б), міжопераційний зв'язок здійснюється через буферну ємність або інший накопичувач запасу напівфабрикату.

На практиці частіше має місце напівжорсткий (рисунок 1.1.в) – форма міжопераційних зв'язків, коли на певних ділянках потоку робота машин пов'язана жорстким зв'язком, а між ділянками мають місце гнучкі зв'язки.

Технологічні потоки за видом організації можуть бути нерозгалужені (однолінійні) і розгалужені, що сходяться або розгалужені розбіжні.

Нерозгалужений потік (рисунок 2.а) має місце, коли з одного виду сировини одержують один вид готової продукції (одержання патоки з крохмалю, крупи із зерна).

Розгалужений технологічний потік, що сходиться, (рисунок 2.б) формується в процесі отримання з декількох видів сировини одного виду продукції (виробництво хліба, комбікормів).

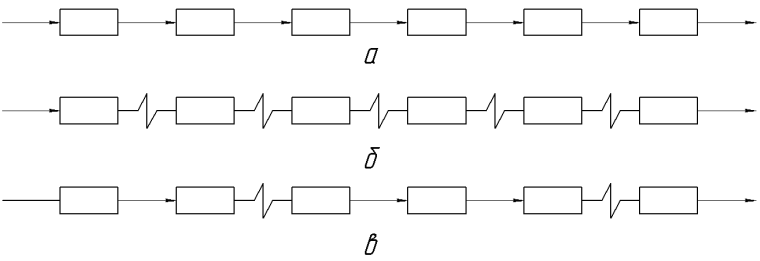


Рисунок 1.1. Схеми потоків з різними видами зв'язку:
а – жорсткий;
б – гнучкий;
в – напівжорсткий

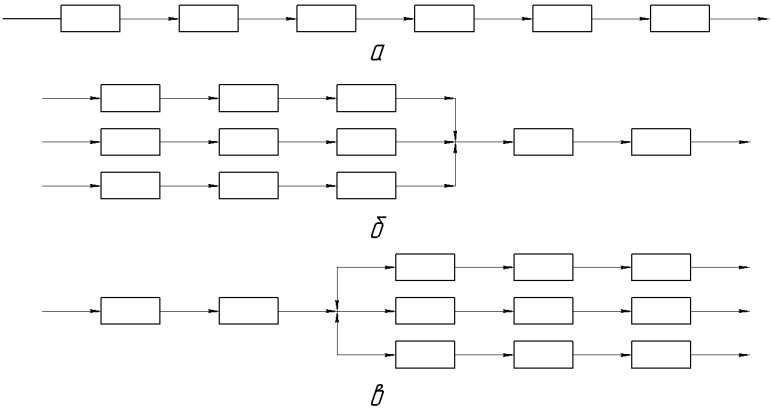


Рисунок 1.2. Схеми організації технологічних потоків:
а – нерозгалужений;
б – розгалужений збіжний;

Розгалужений розбіжний технологічний потік (рисунок 2.в) виникає під час виготовлення з одного виду сировини декількох видів готового продукту (борошно за сортового помелу пшениці; шоколад, какао-масло і какао-порошок при переробці какао-бобів).

1.8. Вимоги до технологічних процесів і обладнання харчових комплексів

Вибір оптимального варіанту технологічного процесу та відповідного обладнання для його реалізації – це складний етап створення технологічного комплексу виробництва певного продукту, що базується на відповідних вимогах до технологічних процесів та обладнання і наперед відпрацьованих технологічних схемах виробництва.

Вимоги до технологічних процесів і обладнання обумовлені метою створення машинної технології і базуються на вирішенні ряду принципових питань:

- визначення оптимального варіанту технологічного процесу розділення лінії на ділянки;
- розрахунки кількості потоків і підбір машин;
- вибір транспортних і перевантажувальних пристроїв;
- просторове розміщення обладнання в лінії і інше.

Вказані задачі необхідно виконати за дотримання усіх вимог до якості продукту, найменших втратах і високих техніко-економічних показниках.

Технологічні процеси харчових виробництв характеризуються різноманітністю, що викликає великі ускладнення під час комплексної механізації і автоматизації.

Під механізацією технологічних процесів розуміють застосування енергії неживої природи на заміну ручної праці людини. Робочий контролює роботу обладнання, керує його роботою, виконує операції пуску та налагодження машин.

Під автоматизацією технологічних процесів розуміють використання енергії неживої природи не тільки для заміни ручної праці людини, а і для використання та управління процесом без участі людини.

Вибраний технологічний процес має забезпечувати механізацію технологічних операцій найбільш простими способами, синхронізацію операцій на окремих ділянках і зручність транспортування напівфабрикатів за мінімальної кількості машин. Це дозволить розташувати лінію на мінімальній площі, скоротити витрати на обладнання. В більшості випадків необхідно не тільки облаштувати лінію механізмами та приладами, а також підготувати сам об’єкт до умов механізації та автоматизації. Як правило,

необхідно дослідити і стабілізувати форму, розміри та інші показники виробів з метою спрощення його виготовлення та в відповідності до вимог сучасної техніки і можливості автоматизації.

У разі необхідності параметри змінюють. Під час виготовлення продукції вручну формі та відхиленням в розмірах важливого значення не надають.

Під час створення механізованих та автоматизованих потокових ліній – уніфікація та стандартизація виробів і напівфабрикатів, а також відхилення в розмірах набувають першорядного значення. Неможливо уявити роботу загортального автомату за суттєвих відхиленнях в розмірах цукерок. Системоутворювальним фактором лінії є стабільність вхідних і вихідних параметрів процесів в машинах і апаратах.

Прагнення інтенсифікувати технологічні режими дозволяє скоротити розміри технологічних ліній, підвищити швидкість обробки напівфабрикатів та збільшити продуктивність. Але за надмірного формування режимів можливий зворотній результат. Підвищення швидкості може привести до швидкого зношення робочих органів та необхідності зупинок виробництва на їх заміну, погіршення якості виробів у зв'язку з тим, що вибраний режим не буде відповідати фізико-механічним властивостям матеріалу. В такому випадку зменшується надійність роботи машин і ліній в цілому.

Збільшення швидкості зменшує тривалість обробки виробів, але зростають і амортизаційні витрати. Тому для будь якого конкретного випадку необхідно знайти оптимальне значення швидкості, за якої витрати мають бути мінімальними.

Під час вибору транспортувальних засобів необхідно враховувати специфічні властивості напівфабрикатів та виробів (липкість, текучість і сипкість, міцність поверхневого шару та ін.), забезпечити транспортування та зменшення кількості перевалок і маніпуляцій з продукцією.

Структура технологічного потоку, властивості і форма напівфабрикатів обумовлюють іноді необхідність використання спеціальних пристосувань супутників в вигляді форм, лотків, дек та ін., які суттєво впливають на компоновку лінії, на необхідність облаштування додаткових транспортувальних засобів для повернення супутників на вихідні позиції.

Вимоги до технологічного обладнання. Перш ніж підбирати та проектувати обладнання потокових ліній, необхідно визначити рівень спеціалізації або універсальності лінії, типорозміри продукції, які будуть впливати на конструкцію машин.

На великих підприємствах доцільно ставити спеціалізовані лінії для випуску виробів певного типорозміру. В той же час на підприємствах малої потужності доцільно ставити універсальні лінії, придатні для швидкого переналагодження.

Треба врахувати, що вартість універсальної лінії значно вища ніж спеціалізованої, тому що вимагає переналагодження.

Можливі три способи створення потокових ліній:

- із повністю спеціалізованих машин, які здійснють заздалегідь відпрацьовані та технологічні процеси;
- із діючого відповідним чином модернізованого і оснащеного технологічного обладнання;
- із окремих типових елементів.

На практиці мають місце змішанні варіанти, коли на лінії, облаштованій діючими машинами, застосовують нове спеціалізоване обладнання.

Серед діючого парку машин багато таких, що за компонування ними потокових ліній необхідно додатково ставити спеціальні живильні та транспортувальні пристрої.

Необхідно максимально збільшувати ступінь автоматизації лінії, забезпечивши її приладами контролю, завантажувальними і розвантажувальними пристроями.

Під час проектування потокових ліній серйозну увагу необхідно звернути на дотримання умов безаварійної роботи, зручності обслуговування та техніці безпеки.

Формування комплексів обладнання для синхронізації роботи машин потокової лінії тривалість окремих технологічних операцій має бути однакова або кратна, а продуктивність машин має бути вирівняна.

Крім загальних, до машин і апаратів висуваються наступні вимоги.

Машини і апарати мають мати високі техніко-економічні показники. Такими показниками є продуктивність, витрати енергії, води, пари, інших матеріальних ресурсів, маси машини, її габаритних розмірів, розмір виробничої площі під обладнанням, вартість

машини, амортизаційні відрахування, та інші витрати, пов'язані з експлуатацією машини.

Робочі органи машини мають мати високу зносостійкість, щоб частинки матеріалу робочих органів під час зношування не попадали в продукт і не погіршували його якість.

Технологічний вплив машин і апаратів на продукт має бути оптимальним, що необхідно для зменшення витрат на підвищення якості продукту.

Конструкція машини має бути технологічною. Під технологічністю розуміють відповідність конструкцій вимогам оптимальних технологічних процесів виробництва. В зв'язку з цим під час створення та застосування машини необхідно сукупно вирішити такі задачі; забезпечення високої продуктивності і довговічності та досягнення максимальної економічності, Конструкція машини має бути нескладною, зручною в монтажі та експлуатації.

Машини та апарати мають складатися із окремих блоків, які легко з'єднуються, що полегшує демонтаж під час ремонту і можливість швидкої заміни зношених робочих органів.

З метою покращення умов дотримання виробничої санітарії обладнання має мати гладку та обтічну форму.

Для забезпечення взаємозамінності деталей, які вибрані під час конструювання машин, матеріали для її виготовлення, допуски для обробки деталей, форма і розміри деталей кріплення мають відповідати державним стандартам і нормам.

Машини мають працювати безшумно та відповідати вимогам техніки безпеки. Всі обертові деталі необхідно огороджувати. Крім того необхідно огороджувати вільний доступ до робочих органів машини для спостереження за ними під час роботи.

Мають бути передбаченні автоблокувальні пристрої на машинах, а також на потокових лініях.

1.9. Принципи організації та оптимізації технологічних комплексів харчових виробництв

Технологічний комплекс – це сукупність процесів, що відбуваються в машинах і апаратах технологічної лінії, і сам по суті є великим технологічним процесом.

Різні технологічні комплекси мають відповідне машинно-апаратурне оформлення, але спільним у них є те, що кожен з них є організований функціональний потік, що перетворює вихідну сировину у готовий продукт і, який має свої закономірності.

Технологічний потік складається з різних технологічних операцій перетворення вихідної сировини і транспортування проміжних продуктів переробки.

Технологічні операції виконують дві функції: технологічну – обробку продукту і транспортну – подачу об'єкта обробки у робочу зону. Сполучення технологічної і транспортної функцій визначають вид технологічної операції і її ефективність. Розглянемо характерні типи операцій:

1.Технологічна обробка маси відбувається після завершення транспортної операції подачі заготовки в робочу зону, тобто процес обробки переривається і є процесом дискретної дії.

Продуктивність машин визначається тривалістю усього технологічного циклу, що включає технологічну і транспортну складову.

Підвищення продуктивності машини можливо за збільшення швидкості складових циклів.

Підвищення транспортної швидкості обмежується допустимими значеннями прискорень руху виконавчих органів машини, а технологічної швидкості – теплофізичними, фізико-механічними, біохімічними властивостями матеріалу. Тобто тривалість циклу обмежена технологічними параметрами і динамічними можливостями механізму і задана однозначно.

Компоновка такого обладнання в комплексно-організований потік недоцільна, тому що значення технологічних і транспортних швидкостей окремих операцій і відповідно машини не будуть співпадати, тобто не буде виконана умова однакової продуктивності, необхідної для об'єднання в один потік.

Прикладом таких операцій і машин можуть бути штампувальні машини для затяжного печива, або відливні машини кондитерського виробництва.

Такі форми організації роботи обладнання властиві для підприємств з малими потужностями і низьким рівнем механізації.

2.Технологічна обробка маси відбувається коли технологічна і транспортна швидкості співпадають. Транспортний процес стає

неперерваним, продуктивність машини визначається тривалістю циклу обробки сировини робочими органами.

Підвищення продуктивності машини обмежено технологічною швидкістю, яка в свою чергу обумовлена технологічними властивостями харчового середовища.

Суттєвою відмінністю операції цього типу є те, що внаслідок суміщення технологічного і транспортного процесів в часі ці процеси не переривають один іншого і можуть відбуватись одночасно, неперервно з постійною швидкістю.

Коефіцієнт використання обладнання значно вищий.

Прикладом таких операцій і обладнання можуть бути макаронний прес, роторна штампувальна машина для цукрового печива.

Операції і обладнання такого типу поширені на підприємствах харчової промисловості.

3. Технологічна обробка харчової маси відбувається за безперервного транспортування одночасно з робочими органами через робочу зону по замкнутій траєкторії. Машини, що працюють за таким чином, отримали назву роторних.

Особливістю операцій і обладнання цього типу є те, що швидкість транспортування не обмежується технологічною швидкістю.

Підвищення продуктивності зв'язано тільки з підвищенням транспортної швидкості. Практично підвищення продуктивності такого обладнання вимагає збільшення довжини технологічної зони, що необхідно для збереження тривалості технологічної обробки виробу.

Продуктивність машин не обмежується як технологічними властивостями сировини та напівфабрикатів так і динамікою робочих органів машин.

В автоматичних лініях використання операцій такого типу перспективно, тому що за необмеженої продуктивності зберігаються оптимальні технологічні і динамічні режими, що обумовлює технологічну і конструктивну надійність.

Забезпечується стабільна якість продукції, мінімум простоїв обладнання з різних причин і максимальний коефіцієнт використання обладнання в технологічній лінії.

Прикладом таких операцій і обладнання може бути обладнання неперервної дії в якому можна збільшити робочу зону обробки із

збереженням тривалості обробки, наприклад, тістоготувальні агрегати.

4. Технологічна обробка заготовок відбувається під час транспортування через робочу зону. Поняття «робочий орган» замінюється поняттям «робоче середовище», що здійснює технологічний вплив на весь потік що проходить через робочу зону.

Для них характерна незалежність швидкості транспортного процесу від технологічної швидкості.

Продуктивність машин визначається тривалістю циклу виходу одного об'єкта і кількістю об'єктів в перерізі потоку.

Під час створення машин для операцій такого типу підвищення продуктивності можна досягти як шляхом збільшення транспортної швидкості (із відповідним збільшеням зони обробки) так і шляхом збільшення у поперечному перерізі потоку кількості виробів.

За допомогою операцій такого типу можна створити машини і апарати будь-якої продуктивності.

Операції такого типу забезпечують оптимальні умови об'єднання машин і апаратів відповідних конструкцій в технологічних комплексах харчових виробництв.

Прикладом таких операцій і обладнання можуть бути печі хлібопекарського і кондитерського виробництв, стрічкові сушарки.

В залежності від умов і параметрів технологічного процесу витрати енергії, швидкість процесу, вихід продукції, продуктивність, витрати ручної праці та інше будуть відрізнятися.

Прагнення зменшити витрати і збільшити вихід продукту вимагає пошуків шляхів удосконалення виробництв і відповідно більш досконалних режимів ведення технологій і роботи обладнання.

Такі пошуки називають – *оптимізацією*, а режими – *оптимальними.* Для оцінювання ефективності процесів на підставі експериментальних і теоретичних досліджень виводяться критерії оптимізації, до яких входять параметри, що протилежно впливають на процес. В такому випадку оптимізація буде означати пошук компромісу між цими параметрами.

Під час вибору об'єкту оптимізації перевагу віддають процесам неперервним, які мають суттєві переваги в порівнянні з періодичними. Це більш висока продуктивність апаратів, зменшення витрат енергетичних ресурсів, стабілізація якісних показників

готової продукції, це зменшення витрат на автоматизацію, керування процесом.

За періодичної роботи апарата виникають великі втрати теплоти і механічної енергії, що пов'язано з зупинкою апарату для розвантаження готового продукту і завантаження сировиною, а також з пуском його в роботу і виведенням на робочий режим.

В апаратах неперервної дії процес відбувається за стабільних параметрів і мінімальних витратах на автоматизацію. Оптимально організований процес – це неперервний, автоматично керований процес.

Важливе значення має організація руху взаємодіючих потоків, а саме протитоком – на зустріч один одному, прямотоком – в одному напрямку, або перехрестний рух, це залежатиме від конкретних умов. В більшості випадків оптимальним є протитечійний характер руху.

Інтенсивність процесу перенесення або обміну залежить від площі поверхні взаємодії, через яку відбувається процес. Процес тим інтенсивніший, чим вище турбулізація потоку і швидкість руху. Поверхню контакту можна збільшити при розпилюванні рідини в газовому середовищі.

Оптимізація процесу передбачає максимальну утилізацію теплоти шляхом максимально повного використання вторинних енергетичних ресурсів і теплових відходів і викидів.

В умовах сьогодення наші уявлення про оптимальні процеси ми тісно пов'язуємо з створенням замкнених безвідходних енергозаощаджувальних технологій з повною утилізацією енергії та відходів виробництва.

Питання для самоперевірки

1. Дайте визначення поняттям:
   – Виробничий процес;
   – Технологічний процес;
   – Технологічна операція.
2. Класи промислового обладнання.
3. Дайте визначення машини, апарату і агрегату.
4. Визначення робочого органу. Класи робочих органів.
5. Операції технологічних процесів.
6. Основні та додаткові показники рівня якості обладнання.
7. Техніко-експлуатаційні показники рівня якості обладнання.
8. Види продуктивності обладнання.
9. Визначення теоретично, фактичної та технологічної продуктивності обладнання.
10. Коефіцієнт безперервності оброблення.
11. Показники надійності машини.
12. Дайте визначення поняттям:
   – Працездатність машини;
   – Справність машини;
   – Відмова машини;
   – Напрацювання на відмову;
   – Безвідмовність машини;
   – Довговічність машини.
13. Показники технологічності машини.
14. Що виражають коефіцієнти використання матеріалу, взаємозамінності і раціонального використання заготовок?
15. За якими показниками класифікується технологічне обладнання?
16. Класифікація обладнання за характером впливу на оброблюваний продукт.
17. Класифікація обладнання за ступенем механізації і автоматизації операцій.
18. Класифікація обладнання за принципом об'єднання у виробничому потоці.
19. Класифікація обладнання за функціональною ознакою.
20. Форми організації технологічного процесу.
21. Види організації технологічного потоку.

22. Наведіть схеми потоків із жорстким, гнучким, напівжорстким видами зв'язку.
23. Наведіть схеми організації технологічних потоків нерозгалуженого та розгалуженого збіжного.
24. Способи створення потокових ліній.
25. Дайте визначення поняттю «Технологічний комплекс».
26. Характерні типи технологічних операцій. Наведіть приклади для кожного типу.
27. Що означають поняття «Оптимізація» і «Оптимальний режим»?

Розділ 2.
Технологічні лінії харчових виробництв

2.1. Лінія виробництва спирту

Спиртова промисловість, галузь харчової промисловості, що виробляє етиловий (винний) спирт – сирець і спирт – ректифікат з харчової сировини (зерна, картоплі, меляси тощо). Спирт застосовують у лікерно-горілчаному виробництві, для зміцнення вин, у парфумерно-косметичній і кондитерській промисловості, для виготовлення оцту, а також у вітамінному виробництві, у медицині й техніці.

Спирт, що містить 4–5% води, називають ректифікатом, а що містить тільки частки відсотка води – абсолютним спиртом. Такий спирт одержують хімічною обробкою в присутності водовіднімальних засобів.

Далі розглянемо виробництво етилового спирту, за допомогою бродіння харчової сировини (зерна, картоплі тощо), цукру та відходів цукрового виробництва – меляси. Вихідним продуктом для одержання спирту можуть слугувати полісахариди крохмалю, що утримуються, наприклад, у бульбах картоплі, зернах жита, пшениці, кукурудзи.

Крохмалевмісна сировина (зерно та/або картопля) змішуються з водою та ферментами.

Під час розварювання утвореної маси відбувається розчинення сухих речовин зерна та клейстеризація крохмалю.

На стадії зацукрення під дією ферментів крохмаль перетворюється на цукор мальтозу та проміжні продукти – декстрини, які необхідні для життєдіяльності дріжджів. Утворена маса називається суслом.

Після зацукрювання до сусла додають дріжджі, під дією яких утвориться спирт. Бродіння сусла відбувається безперервно-потоковим способом в бродильних чанах. Вибродженe сусло називають бражкою.

Бражку подають в брагоректифікаційне відділення, де спочатку відганяють з неї спирт. Після цього утворений спирт-сирець

очищують від головних домішок в епюраційній колоні, і концентрують, а також додатково очищують в ректифікаційній колоні.

2.1.1. Стадії технологічного процесу

На рисунку 2.1 показані стадії технологічного процесу виробництва спирту з зерна і/або картоплі.

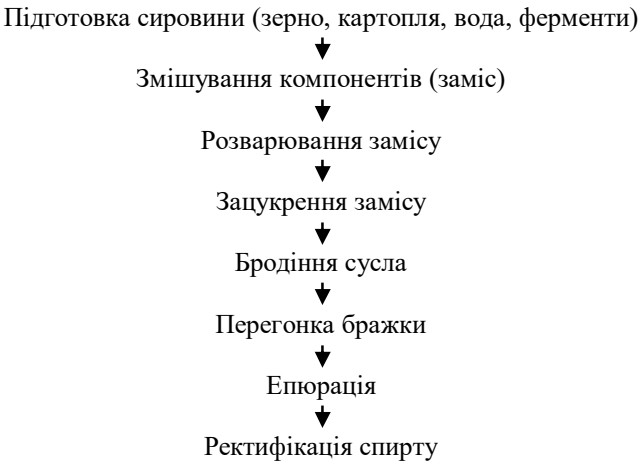
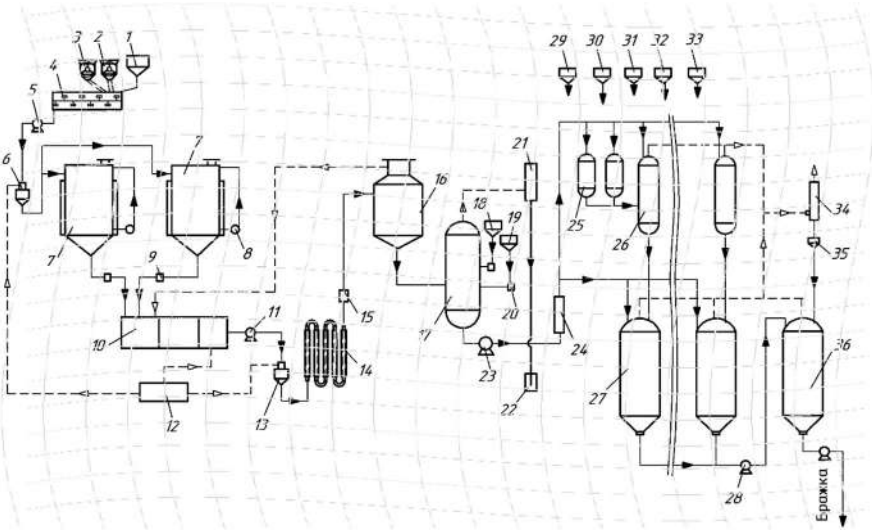


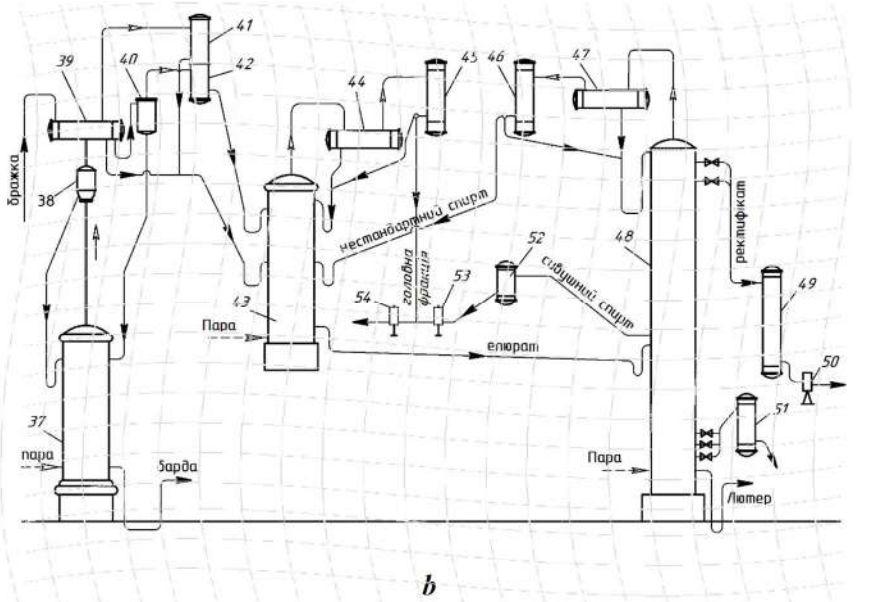
Рисунок 2.1. Стадії технологічного процесу виробництва спирту

2.1.2. Машинно-апаратурна схема виробництва етилового спирту

Лінія виробництва етилового спирту складається з дільниць замісу, гідро-ферментативної обробки, зацукрення та бродіння, брагоректифікації (рисунок 2.2).



a



b

Рисунок 2.2. Машинно-апаратурна схема виробництва спирту:
a - дільниці замісу, гідро-ферментативної обробки, зацукрення та бродіння;
b - дільниця брагоректифікації

Позначення на рисунку 2.2: 1 – збірник фермента α-амілази; 2, 3 – молоткові дробарки для зерна та картоплі; 4 – змішувач; 5 – насос; 6 – контактна головка; 7, 8 – апарати гідродинамічної та ферментативної обробки I ступені; 9 – дозатор; 10 – апарат гідродинамічної та ферментативної обробки II ступені; 11 – насос; 12 – паровий колектор; 13 – контактна головка; 14 – трубчастий стерилізатор; 15 – регулювальний (редукційний) клапан; 16 – паросепаратор; 17 – випарник-зацукрювач; 18 – збірник глюкоамілази; 19 – збірник формаліну; 20 – дозатор; 21 – барометричний конденсатор; 22 – збірник барометричної води; 23 – насос; 24 – теплообмінник-охолоджувач; 25 – дріжджанка; 26 – збродживачі; 27 – бродильний чан; 28 – насос; 29–33 – збірники засівних дріжджів (маточник), сірчаної кислоти, карбоміду, олеїнової кислоти та інших компонентів; 34 – спиртовловлювач; 35 – збірник вловленого спирту; 36 – передаточний чан; 37 – бражна колона; 38 – уловлювач; 39 – бражний підігрівач; 40 – сепаратор бражки; 41 – конденсатор; 42 – конденсатор сепаратора; 43 – епюраційна колона; 44 – дефлегматор; 45 – конденсатор; 46 – конденсатор спиртової колони; 47 – дефлегматор; 48 – спиртова колона; 49 – холодильник; 51 – конденсатор; 52 – холодильник сивушного спирту;

ліхтарі: 50 – спирту; 53 – сивушного спирту; 54 – ефіральдегідної фракції

Дільниці замісу, гідро-ферментативної обробки, зацукрення та бродіння. Зерно і/або картопля подрібнюються в молоткових дробарках 2 і 3, та подаються в змішувач 4, де змішуються з водою (60–65 °С) та ферментом α-амілазою. Відношення зерна та води складає 1:3.

Із змішувача зерновий заміс (або картопляна кашка) насосом 5 подається в контактну головку 6, де підігрівається парою до температури 70–72 °С, і далі в апарати гідродинамічної та ферментативної обробки I степені 7, 8. Після заповнення апарату за допомогою насосів 8 підключається циркуляційний контур, який забезпечує перемішування маси в апараті за температури 65–70 °С. На цій стадії відбувається розрідження маси, розчинення крохмалю та сухих речовин зерна за рахунок дії α-амілази.

Далі заміс через дозатори 9 відводиться в апарат гідродинамічної та ферментативної обробки II степені 10, який розділений на 3 секції, в яких заміс послідовно підігрівається та витримується за температури від 65 до 95 °С. Підігрівання відбувається за рахунок подачі в апарат пари.

Розріджена та гідролізована маса із апарату 10 насосом 11 подається в трубчастий стерилізатор 14, і далі, через регулювальний (редукційний) клапан 15 – в паросепаратор 16. Із паросепаратора суміш відводиться на зацукрення.

Якщо сировина потребує більш високої температури стерилізації, то суміш додатково підігрівається парою в контактній головці 13.

Пара для нагрівання сировини в процесах нагрівання замісу, гідродинамічної та ферментативної обробки та додаткового нагрівання під час стерилізації розподіляється через паровий колектор 12.

Вторинна пара, яка відходить із паросепаратора 16, подається для нагрівання замісу в першій секції апарату 10.

Із паросепаратора суміш подається у випарник-зацукрювач 17, де змішується з ферментом глюкоамілазою та формаліном, який пригнічує кислотоутворювальні бактерії під час бродіння. У випарнику-зацукрювачі суміш витримується близько 30 хвилин за температури 55 °С.

Вторинна пара, яка утворилась у випарнику-зацукрювачі, подається в барометричний конденсатор 21, завдяки чому в апараті 17 утворюється розрідження, і суміш випарюється за нижчих температур.

Зацукрена суміш – сусло, насосом 23 подається для охолодження в теплообмінник 24, і далі розподіляється на дільницю бродіння.

На дільниці бродіння сусло надходить в бродильні чани 27, де виброджує неперервно-поточним способом. Дріжджі готуються в дріжджанках 25, надходять в зброджувач 26 і далі в бродильні чани 27. Засівні дріжджі надходять з маточника 29. Для забезпечення дріжджових клітин азотистими речовинами передбачена подача карбоміду із збірника 31. Для підкислення дріжджового сусла в дріжджанки із мірника 30 подається сірчана кислота. Для гасіння піни, що виникає під час бродіння, в бродильні чани із мірника 33 подається олеїнова кислота.

Вибродженe сусло перекачується в передаточний чан 36, з якого подається на дільницю брагоректифікації.

Під час бродіння утворюється суміш парів спирту та вуглекислого газу, які відводяться у спиртовловлючач 34. Вловлений спирт через збірник 35 повертається в передаточний чан.

Дільниця брагоректифікації. Виробництво ректифікованого етилового спирту з бражки відбувається в брагоректифікаційних апаратах, які можуть бути поділені на три основні групи: непрямої, прямої і напівпрямої дії.

Брагоректифікаційні апарати непрямої дії забезпечують одержання спирту високої якості та прийняті як типові. Всі колони в таких апаратах зв'язані між собою лише рідинними потоками і тому вони легкі у керуванні. Але апарати цього типу витрачають значну кількість пари і води.

У брагоректифікаційному апараті прямої дії епюрована водно-спиртова пара використовується як живлення спиртової колони. Ці апарати найбільш економічні відносно витрати нагрівальної пари і води, але в них отримують менше ректифікованого спирту.

В апаратах напівпрямої дії водно-спиртова пара з бражної колони через сепаратор подається в епюраційну колону. Епюрат, що звільнився від легколетких домішок, направляється у вигляді рідини в спиртову колону. Ці апарати витрачають дещо менше нагрівальної пари, ніж апарати непрямої дії, і забезпечують високу якість спирту.

Найбільш розповсюджені на спиртових заводах брагоректифікаційні апарати непрямої дії, схема якої зображена на рисунку 10.2 b. Апарат оснащений трьома основними ректифікаційними колонами: бражною, епюраційною і спиртовою. У нижні частини всіх колон подається через регулятор нагрівальна пара. Обігріваються колони відкритою парою або закритою за допомогою виносних випарників.

Бражка насосом подається в бражний підігрівач 39, де підігрівається до температури 85–90 °С водно-спиртовою парою, що надходить із бражної колони 37. Підігріта бражка проходить сепаратор 40, де з неї виділяються вуглекислота і частково головні домішки, і направляється на верхню тарілку бражної колони 37. Газ і пара із сепаратора 40 через конденсатор 42 надходять у спиртовловлювач.

У бражній колоні 37 бражка позбувається леткої частини і у вигляді барди відводиться з колони. Водно-спиртова пара з колони через уловлювач 38, де відділяються рідкі частинки, потрапляє в дефлегматор-підігрівач 39 бражки і потім в конденсатор 41, де конденсується. Бражний дистилят з дефлегматора-підігрівача, конденсаторів і спиртовловлювача подається в епюраційну колону 43. Ця колона оснащена також дефлегматором 44 і конденсатором 45.

Епюраційна колона призначена для виділення головних домішок. У виснажній частині колони головні домішки виділяються, а у верхній частині концентруються. Пара з верхньої частини епюраційної колони надходить у дефлегматор 44, де більша частина її конденсується і у вигляді флегми повертається на верхню тарілку колони. Незначна частина пари проходить через дефлегматор і в конденсаторі повністю конденсується. Отриманий дистилят (ефіро-альдегідна фракція) міцністю 95–96,5% об. – вміщує спирт, альдегіди, легколеткі ефіри і кислоти. Головна фракція відводиться з апарату через ліхтар 54.

Водно-спиртовий розчин, що позбувся основної частини головних домішок (епюрат) направляють у спиртову колону 48. У спиртовій колоні з епюрату виділяється концентрований етиловий спирт, проміжні фракції – сивушна олія і сивушний спирт. Пара із залишками головних домішок з верхньої частини спиртової колони потрапляє в дефлегматор 47 і конденсатор 46. Частина конденсату у вигляді флегми повертається в колону. З конденсатора рідина, яка називається непастеризованим або нестандартним спиртом, направляється назад в епюраційну колону 43. Ректифікований (пастеризований) спирт у вигляді рідини відбирається з 3, 4, 6, 7, 8–ї тарілок спиртової колони, починаючи згори, надходить в холодильник 49, а з нього через оглядовий ліхтар 50 і лічильник спирту направляється у спиртосховище.

Проміжні домішки із спиртової колони виводяться у вигляді двох фракцій. Більш леткі домішки у вигляді рідини (сивушний спирт) відводяться з 17–20 тарілок колони, рахуючи знизу. Сивушний спирт відводиться через холодильник 52 та ліхтар 53.

Сивушна фракція у вигляді пари відбирається з 5, 7, 9, 11–ї тарілок і надходить в конденсатор 51. Отримана рідина через ліхтар потрапляє в екстрактор, промивається водою, де з неї виділяється сивушна олія.

З кубової частини ректифікаційної колони через гідравлічний затвор відводиться лютерна вода.

Для збільшення виходу спирту, поліпшення його якості, забезпечення стабільного режиму ректифікації апарати можуть бути оснащені додатковими колонами: сивушною, розгінною, остаточної очистки тощо. Сивушна колона призначена для концентрування компонентів сивушної олії та інших проміжних домішок.

У колонах остаточного очищення з ректифікованого спирту видаляються залишки головних і кінцевих домішок. У цих колонах може бути також підвищена на 0,2–0,3% концентрація ректифікованого спирту.

Розгінні колони призначені для виділення спирту з ефіро-альдегідної фракції і концентрування головних домішок.

Брагоректифікаційні апарати споживають велику кількість теплоти. З метою зниження енерговитрат створені апарати, в яких одна або декілька колон працюють під вакуумом. Це означає, що теплота нагрівальної пари в цих апаратах використовується багаторазово. З цією метою також використовуються теплові насоси.

2.1.3. Інтенсивний спосіб розварювання і зацукрення крохмалемістної сировини

На сучасних спиртових заводах розварювання крохмалемістної сировини та її зацукрення відбувається інтенсивним способом (рисунок 2.3).

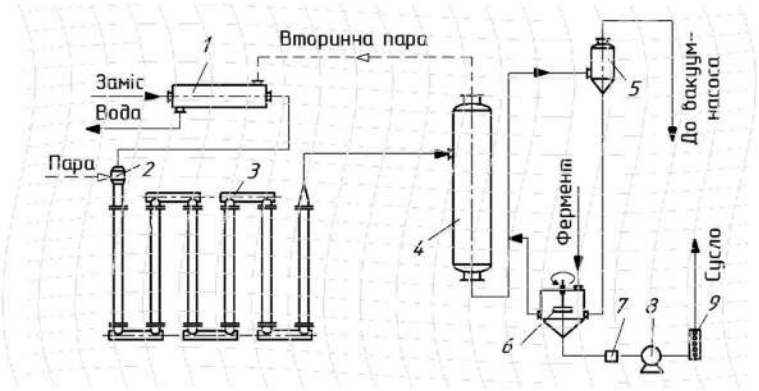


Рисунок 2.3. Машинно-апаратурна схема інтенсивного розварювання та зацукрення крохмалемістної сировини

Подрібнена сировина надходить в підігрівач замісу 1, а потім – в контактор-підігрівач і далі для розварювання в прямоточний трубчастий розварювач 3, який обладнаний діафрагмами. Завдяки такій будові апарату швидкість проходження розвареної маси в ньому зростає, в результаті чого вона добре перемішується та диспергується. Потім маса надходить в паросепаратор-витримувач 4,

проходить конденсатор 5, в якому відбувається зниження температури. Маса температурою 58–62 °С надходить для зацукрювання ферментним препаратом або солодовим молоком в зацукрювач 6. Через вловлювач 7 зацукрена маса насосом 8 подається в теплообмінник 9 і далі в бродильне відділення. Тривалість розварювання складає 2–3 хвилини. Витрати пари – 67% до маси сировини, витрати електроенергії – 12,25 кВт·год на тону зерна. Схема відрізняється низькою металоємністю, не потребує використання пари високого потенціалу. В даному апараті виникає вторинної пари в 1,5–2,0 рази більше, ніж у розглянутому раніше. Частково вторинна пара направляється на підігрівання замісу в трубчастий підігрівач 1 та змішувальну машину для підігрівання замісу.

Заміс або картопляна кашка температурою 45–50 °С безперервно подаються в підігрівач 1. Після підігрівання вторинною парою до температури 75–85 °С вони надходять в контактор-підігрівач 2, в якому нагрівання середовища проводять гострою парою за надлишкового тиску 0,8 МПа. Заміс кукурудзи підігрівають до 180 °С, інших зернових культур – до 170 °С, картопляної кашки – до 166 °С. Час розварювання дуже зменшений та складає 2–3 хвилини. В результаті перепаду тисків температура зернового замісу на виході із трубчастого розварювача складає 145–155 °С, а картопляної кашки – 145–152 °С. Для заводу потужністю 100 дал спирту за добу використовують 8–10–секційні трубчасті розварювачі загальною довжиною 45 м, з діаметром труб 150 мм.

Розварена маса надходить в паросепаратор-витримувач 4, звідти через конденсатор 5 після охолодження до температури 60 °С завдяки створенню вакууму маса направляєтсья в зацукрювач 6. В зацукрювач в якості зацукрювальних матеріалів подаються розчини ферментних препаратів і солодове молоко. Зацукрену масу через вловлювач 7 плунжерним насосом подають в теплообмінник. Охолоджене до температури 26 °С сусло надходить у бродильне відділення.

2.2. Технологічна лінія виробництва солоду

Солод – продукт штучного пророщування зерна злакових культур (жито, ячмінь, овес, пшениця, просо), а також бобових (сої, гороху) в спеціально створених та регульованих умовах. Солод використовують у виробництві пива, полісолодових екстрактів, які отримують з суміші кукурудзяного, вівсяного і пшеничного солодів, концентрату квасного сусла, хлібного квасу, безалкогольних напоїв, етилового спирту і хлібних виробів. А також дієтичних та функціональних продуктів.

Кінцевий продукт пророщування називається свіжопроросщеним солодом, у результаті висушування він перетворюється на сухий солод.

Мета пророщування солоду – накопичити в ячмінному зерні ферменти і забезпечити їх дію на різні групи речовин зерна, перетворюючи високомолекулярні речовини на низькомолекулярні продукти розщеплення. Особливе значення мають амілолітичні ферменти, під впливом яких, крохмаль зерна гідролізується, перетворюючись на цукри. Найбільш важливі процеси, які відбуваються під час пророщування солоду: розчинення зерна, розщеплення крохмалю, розщеплення білкових речовин. Зміна параметрів під час пророщування зерна, а також режимів сушіння свіжопроросщеного солоду дозволяють отримувати різні типи солоду – світлий, темний, напівтемний, карамельний тощо.

Для виробництва темних сортів пива використовують карамельний і палений солод. Карамельний солод – це сильно з0абарвлений ароматичний продукт, що отримується зі свіжопроросщеного світлого солоду шляхом зацукрення і обсмажування.

Палений солод – це сильно забарвлений продукт, який отримують з сухого світлого солоду в результаті зволоження водою і швидкого обжарювання за температури 260 °С.

2.2.1. Стадії технологічного процесу

Приготування солоду – це складний комплекс технологічних операцій (рисунок 2.4), основними з яких є:

- Очищення і сортування зерна
- Миття, дезінфекція і замочування зерна
- Пророщування зерна (свіжопроросщений солод для виробництва спирту і ферментації)
- Сушіння солоду

- Оброблення сухого солоду (солод для виробництва хлібних виробів, солодових екстрактів і концентрату квасного сусла)
- витримування сухого солоду (витриманий солод для виробництва пива).

Очищення і сортування зерна. В результаті очищення з основної культури виділяють мінеральні домішки (земля, пісок, пил), органічні домішки (остюки, порожні плівки), насіння бур'янистих рослин, шкідливі домішки (ріжки, кукіль), зернові домішки (щупляві, пророщені та биті зерна) і металеві домішки. Зерно зазвичай піддається очищенню двічі: первинне – перед зберіганням і вторинне – безпосередньо перед переробкою.

Перед зберіганням для забезпечення однакової вологості під час замочування і рівномірного розвитку під час пророщування, після первинного і вторинного очищення ячмінь сортують на плоских грохотах або барабанних ситах на три фракції

Замочування ячменю. Вміст вологи в ячмені під час зберігання становить 14–15%. Активні життєві процеси в зародку починаються за вологості 30%. За 38% ячмінь проростає швидко і рівномірно, а гарне розчинення ендосперму і накопичення ферментів відбувається за вологості 44–48% і вище. Тому основна мета замочування – зволоження зерна до вмісту вологи, оптимального для пророщування.

Під час змочування 1 кг зерна за 1 год. поглинає 63 міліграми кисню і виділяє 86 міліграм діоксиду вуглецю. Діоксид вуглецю негативно впливає на життєві процеси, що відбуваються в зерні. Тому для забезпечення нормального розвитку зерна під час змочування його піддають штучній аерації.

Під час замочування зерна виконують наступні операції: миття, видалення неповноцінних зерен, дезінфекцію і зволоження, яке супроводжується аеруванням і видаленням діоксиду вуглецю, який утворився.

Використовують такі способи замочування:
- водяний з повітряними паузами і без них;
- зрошувальний для повітря в різних модифікаціях залежно від поєднання між часом зрошування і відлежування шару зерна;
- у безперервному струмені води і повітря; повторне замочування; замочування в мийних шнеках.

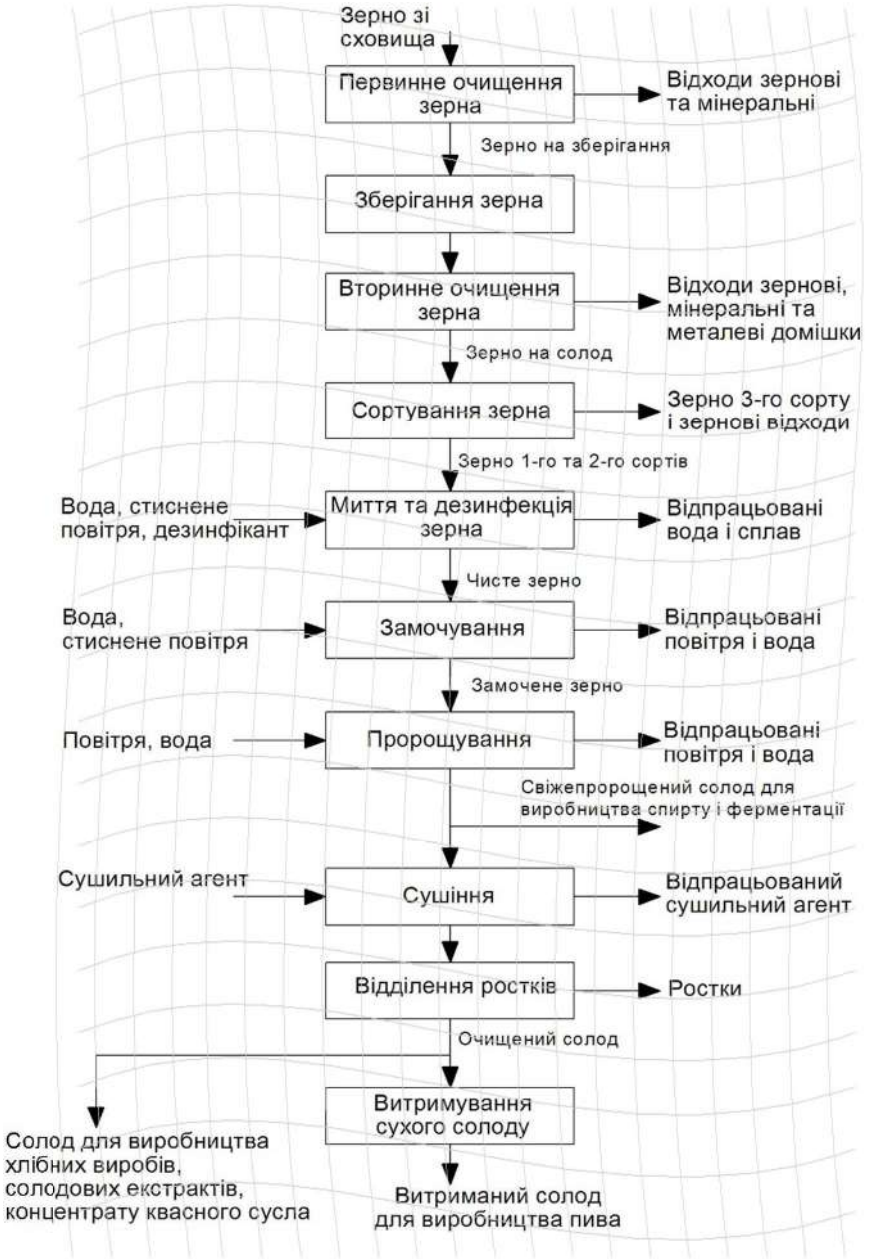


Рисунок 2.4. Принципова схема виробництва солоду

За техніко-економічними показниками найбільш ефективними є зрошувальний і повітряно-зрошувальний способи замочування. Під час зрошувального замочування зерно спочатку миють і дезінфікують, завантажують в апарат для замочування шаром не вище 1 м, заливають водою і витримують протягом 6–8 год. Потім воду зливають і безперервно зволожують зерно зрошуванням. Вода, просочуючись через масу зерна, насичує його киснем і захоплює за собою утворений діоксид вуглецю, забезпечуючи нормальну життєдіяльність зерна.

Повітряно-зрошувальне замочування є комбінованим способом. Зерно періодично зрошують водою, а шляхом відсмоктування повітря з міжзернового простору створюють стабільні умови аеробного дихання зерна. За цим способом зерно після миття та дезінфекції почергово залишають під водою (2–4 год) та без води (12–14 год). У період повітряної паузи зерно протягом 1–1,5 год зрошують водою через сегнерове колесо, а потім з нижньої частини апарату протягом 15 хв вакуум-насосом відсмоктують повітря. Тривалість замочування в залежності від виду ячменю становить 46–62 год.

Пророщування ячменю. Мета пророщування – накопичити максимальну кількості ферментів і цілеспрямовано проводити за їх участю процеси гідролізу і синтезу за суворо визначених умов – достатній кількості вологи, за допомогою якої здійснюється рух продуктів метаболізму; надмірній або обмеженій кількості кисню; оптимальній температурі, від якої залежить інтенсивність процесів; за раціонального використання активаторів і інгібіторів ферментативних процесів; необхідному часі, який визначає глибину протікання процесів.

Розрізняють токові та пневматичні солодівні. У токовій солодівні ячмінь пророщують в тонкому шарі на бетонній або асфальтовій підлозі. Такі солодівні залишилися на заводах малої потужності, вони малопродуктивні та вимагають великих витрат ручної праці, особливо на ворушіння зерна.

Основний спосіб вирощування солоду – це пневматичний. Він здійснюється в спеціальних механізованих ящиках або барабанах, через які продувається кондиційоване повітря. Для пророщування солоду застосовують також апарати для безперервного, напівбезперервного і періодичного вирощування солоду із

збільшенням одиничної потужності апарату. Перспективним є виробництво солоду з поєднанням технологічних дій в одному апараті.

В результаті пророщування отримують свіжопророщений солод, який відрізняється від вихідного ячменю наявністю корінців з вмістом вологи 42–46%, розчинністю борошнистого тіла і характерним запахом свіжих огірків.

Сушіння солоду. Остання стадія виробництва солоду – сушіння свіжепророщеного солоду, мета якої – зниження вмісту вологи матеріалу з 40–50 до 3–6% і надання солоду специфічних смаку, кольору і аромату зі збереженням високої ферментативної активності.

Основна вимога під час сушіння солоду – забезпечення поступового збільшення температури і відповідного зниження вмісту вологи солоду. Для сушіння солоду застосовують різні сушарки періодичної і безперервної дії. Як сушильний агент застосовують або нагріте в калорифері чисте повітря, або суміш холодного повітря з топковими газами. Останні отримують спалюванням природного газу, мазуту, коксу або вугілля. Перевагу віддають природному газу. Максимальна температура сушіння не повинна перевищувати для світлого солоду 85 °С, темного – 105, карамельного – 140 °С.

Для отримання світлого солоду його сушіння проводять так, щоб загальмувати зростання зародка і дихання зерна, не допустити глибокого гідролізу крохмалю і білка. Для цього слід швидко видалити вологу за відносно низьких температур. Такий режим дозволяє зберегти високу ферментативну активність солоду, так як висока концентрація сухих речовин зберігає ферменти від інактивації. Аромат, смак і колір світлого солоду формуються в останні 3 год сушіння, коли температура підвищується до 80 °С.

Під час сушіння темного солоду, на відміну від світлого, дотримуються глибокого гідролізу білків і крохмалю та інтенсивного накопичення цукрів і амінокислот. Процес сушіння відбувається в три стадії: витримування за температури близько 50 °С, власне сушіння за температури до 70 °С і обжарювання за температури 105 °С. Такий режим призводить до збільшення тривалості сушіння темного солоду приблизно в 2 рази в порівнянні з сушінням світлого солоду.

Після закінчення сушіння у сухому солоді відокремлюють паростки, які можуть бути причиною гіркого смаку пива. Паростки видаляють відразу після хімічної фази, так як внаслідок високої гігроскопічності вони швидко втрачають крихкість і важко відокремлюються від зерна.

Свіжовисушений солод непридатний для переробки, і перед використанням у виробництві його необхідно витримати в сховищі не менше 30 діб за температури не вище 20 °С. Охолоджений і сухий солод за оптимальних температури і вологості може зберігатися без втрати якості до двох років.

2.2.2. Машинно-апаратурна схема виробництва солоду

Лінія виробництва солоду (рисунок 2.5) починається з комплексу обладнання, що складається із зерноочищувальних і сортувальних машин – повітряних і зернових сепараторів, циліндричних і дискових трієрів, магнітних сепараторів.

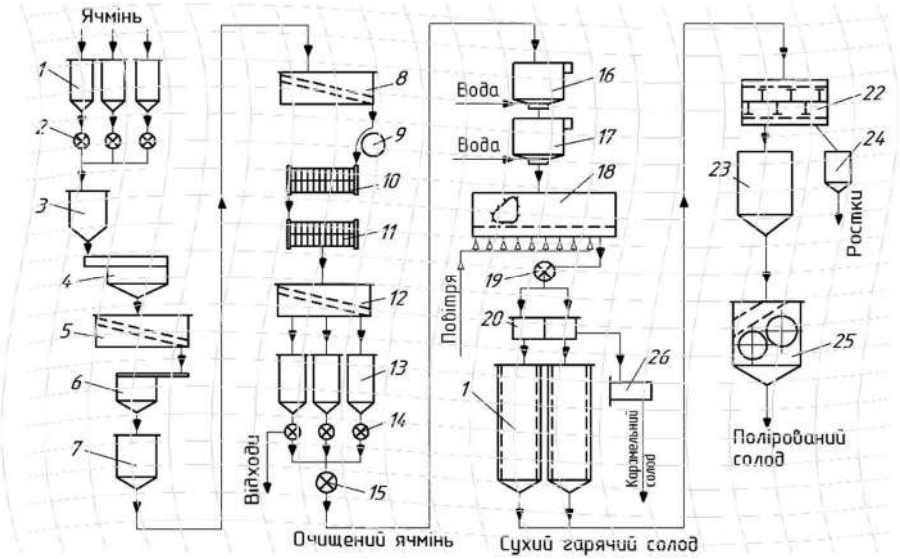


Рисунок 2.5. Машиино-апаратурна схема виробництва солоду

Наступний комплекс лінії включає апарати для миття і замочування ячменю. До них відносяться мийні та замочувальні апарати, що входять в комплекс замочувального відділення, а також апарати безперервного замочування зерна.

Головний комплекс лінії складається з обладнання для пророщування солоду, та може включати ящичні апарати, солодівні з пересувною грядкою, статичні солодівні з поєднаним способом, солодоростильні барабани і кондиціонери для пневматичних солодівень.

Не менш важливим комплексом обладнання лінії є апарати для сушіння солоду. До них відносяться сушарки періодичної (горизонтальні та вертикальні) і безперервної (шахтні та карусельні) дій з топковими пристроями і калориферами.

Завершальний комплекс обладнання лінії забезпечує обробку сухого солоду і може включати паростковідбійні, солодошліфувальні машини і машини для подрібнення солоду.

Ячмінь на підприємстві зберігається в бункері 1. З бункера за допомогою перемикачів потоку 2 подається в проміжний бункер 3. З нього після зважування на вагах 4, ячмінь проходить первинне очищення в повітнряно-ситовому сепараторі 5. Попередньо очищене зерно зважується на вагах 6 і транспортується в силос 7, де зберігається до моменту вторинної переробки. За необхідності провітрювання ячмінь з силосу 7 прямує знову в бункер 1.

Вторинне очищення ячменю передбачає повітряно-ситову сепарацію в сепараторі 8, відділення металевих домішок в магнітному сепараторі 9, відокремлення куколя і вівсюга в трієрах 10 і 11 і розподіл ячменю за розміром зернин в ситовому грохоті 12. Фракції ячменю 1 і 2 сортів збираються в бункерах 13, а фракція 3 сорту відводиться і може бути використана як корм худобі. На виході з бункерів 13 встановлені розподільники потоку 14.

Очищений і відсортований ячмінь дозатором 15 подається в замочувальний чан 16, де відмивається від забруднень і за необхідності оброблюється дезінфікуючими засобами. У чан 16 подаються вода і повітря, яке забезпечує перемішування зерна.

Легке зерно і дрібні домішки (сплав) під час миття спливають на поверхню і відділяються разом з мийною водою. Вимите зерно перекачується в замочувальний чан 17, де його вологість підвищується до 41–42%. Після закінчення замочування зерно з водою перекачується в солодоростильний апарат 18 для

пророщування протягом 6–8 діб. У ньому зерно продувається повітрям із відносною вологістю 96–98% і температурою 12 °С. За необхідності зерно зрошується водою температурою 12 °С. Температура зерна під час зрошування складає 14–18 °С.

Із солодоростильного апарату 18 продукт живильником 19 завантажується в камеру підв'ялювання 20, а потім у вертикальні сітчасті канали сушарки 21. Сушарка має до чотирьох зон, завдяки чому тепле повітря кілька разів проходить через шар солоду. Температура повітря 40..85 °С, тривалість сушіння 24–36 год залежно від конструкції сушарки.

Сухий гарячий солод із сушарки 21 очищається від паростків у паростковідбійній машині 22. Паростки збираються в бункері 23. Сухий солод без паростків прямує в силос 24 на відлежування з метою підвищення вологості оболонки та її пружності. Він очищається від забруднень, шліфується в шліфувальній машині 25 і прямує на склад готового солоду. Частина свіжопроросценого солоду, оминаючи сушарку, прямує в обсмажувальний барабан 26 для приготування карамельго солоду.

2.3. Технологічна лінія виробництва пива

Пиво – слабоалкогольний, насичений діоксидом вуглецю, тонізуючий, пінистий напій, який отримують під час бродіння окисленого сусла пивними дріжджами. Пиво добре тамує спрагу, має приємну гіркість і характерний хмільний аромат. Напій легко засвоюється і поліпшує засвоєння їжі, але надмірне споживання пива призводить до різних захворювань.

Основна сировина для виробництва пива – ячмінь у вигляді солоду, несолоджені матеріали, хміль, пивні дріжджі та вода.

Основні компоненти пива – це спирт (не більше 7% за масою), екстрактивні речовини (2–10%), з яких 80% припадає на вуглеводи, в тому числі 70% з них – декстрини. Інші екстрактивні речовини – це продукти гідролізу білків. Незначну кількість у пиві займають дубильні, гіркі, барвні речовини та органічні кислоти.

Найбільш цінними у пиві вважають гіркі речовини хмелю, які надають йому приємної помірної гіркоти, забезпечують піноутворення і надають біологічної цінності.

Пиво виробляється трьох типів – світле, напівтемне і темне пиво.

За способом теплової обробки фільтроване пиво випускають пастеризованим і непастеризованим.

За вмістом спирту виготовляють слабоалкогольне і безалкогольне пиво.

В залежності від виду використаних дріжджів буває пиво низового та верхового бродіння. До пива верхового бродіння належить один сорт – пиво «Оксамитове». За способом механічної обробки вирізняють пиво фільтроване і нефільтроване. Останнє буває освітлене і неосвітлене.

Приблизно 90% виробленого пива низового бродіння припадає на світлі сорти, для яких характерні тонкий, слабко виражений ячмінний смак, хмільний аромат і яскраво виражена хмільна гіркота. Світлі сорти пива готують зі світлого пивоварного солоду з додаванням несолоджених матеріалів (ячменю, рисової січки, знежиреної кукурудзи, цукру), води, хмелю або хмелевих препаратів.

У виробництві темних сортів пива використовуються також спеціальні сорти солоду (темний, карамельний та інші). Тому темне пиво має солодово-карамельний солодкуватий смак, менш виражену хмелеву гіркоту та більш виражене інтенсивне забарвлення в порівнянні зі світлими сортами.

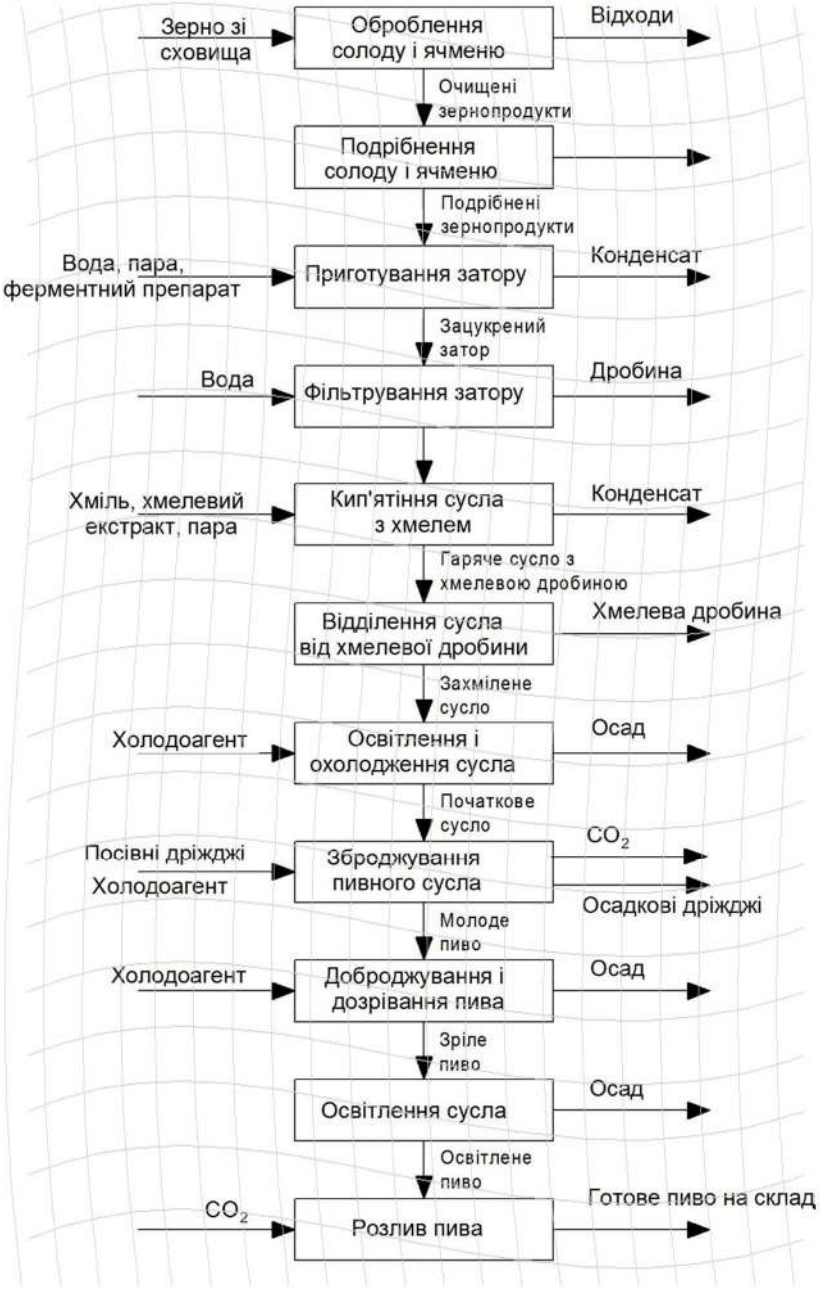


Рисунок 2.6. Принципова схема виробництва пива

2.3.1. Стадії технологічного процесу

Принципова схема виробництва пива. показана на рисунку 2.6

Приготування пивного сусла. Сусло у пивоварінні – це продукт із подрібненого затертого зерна, зазвичай солоду, з водою, поступово розігрітий за певних температур. Під час нагрівання крохмаль під дією ферментів солоду перетворюється на цукри, зазвичай мальтозу. Отримані цукри споживають дріжджі в процесі життєдіяльності, виробляючи спирт та вуглекислий газ.

Затирання. Мета затирання – екстрагування розчинних речовин солоду і несолодженої сировини, та перетворення під дією ферментів нерозчинних речовин в розчинні, із їх наступним розчиненням. Речовини, що перейшли в розчин, називають екстрактом.

Затирання включає три стадії: змішування подрібнених зернопродуктів з водою, підігрів і витримування суміші за заданих температурних режимів. Кількість одночасно оброблюваних подрібнених зернопродуктів називають насипом, об'єм води, що використовується – наливом, а отриманий продукт -затором.

Приготування затору починають зі змішування подрібнених зернопродуктів з водою за температури 37–40 °С. Змішування виконують в заторному апараті з мішалкою. Далі затирання ведуть настоювальним або відварювальним методом.

Настоювальний метод полягає в поступовому нагріванні всього затору від 40 до 70 °С зі швидкістю 1 ºС/хв і витримуванні за температур 40, 52, 63 і 70 ºС по 30 хв. Далі затор нагрівають до 72 ºС і витримують до повного зацукрення. Потім зацукрений затор підігрівають до 76–77 ºС і подають на фільтрування.

Сутність відварювального методу полягає в тому, що окремі частини затору (відварки) кип'ятять, а потім змішують з іншою частиною затору, поступово підвищуючи його температуру до 75 ºС. Під час кип'ятіння крохмальні зерна з крупних частинок подрібнених зернопродуктів переходять в розчин, клейстеризуються і піддаються впливу ферментів. Розрізняють наступні варіанти відварювальних методів: з однією, двома, трьома відварками або з кип'ятінням всієї густої частини. Найбільш розповсюджені – одно- та двовідварочні методи. Під час відварочних методів затирання ведуть у двох заторних апаратах, один з яких використовують для кип'ятіння відварки.

Несолоджену сировину затирають в суміші з солодом або подрібнюють окремо, а потім змішують з солодом і готують загальний затор.

Фільтрування затору. Затор – це суспензія, що складається з двох фаз: рідкої (пивне сусло) і твердої (пивна дробина). Мета фільтрування – відділення пивного сусла від дробини. Фільтрування затору розділяють на дві стадії: власне фільтрування першого (основного) сусла і вилуговування – вимивання екстракту, що затримується дробиною.

Способи та технологічні режими фільтрування. Найбільш поширені періодичні способи фільтрування з використанням фільтраційного апарату або фільтр-пресу. Безперервні способи фільтрування, центрифугування, вакуум-фільтрування мало розповсюдженні.

Під час першої фази фільтрування затор перекачують у фільтраційний апарат, де він відстоюється для формування фільтрувального шару висотою 30–40 см. Потім починають фільтрування, причому перше каламутне сусло повертають у фільтр-апарат. Після закінчення фільтрування першого сусла дробину промивають водою за температури 70–80 °С. Промивання ведуть до вмісту сухих речовин в промивній воді 0,5%.

У фільтр-пресі в якості основного фільтрувального шару використовується серветка зі спеціальної тканини, тому допускається більш тонке подрібнення зернопродуктів. Після збирання першого сусла дробину промивають водою за температури 75–80 °С до щільності промивних вод 0,5–0,7%.

Кип'ятіння сусла з хмелем. Відфільтроване сусло і промивні води збирають в сусловарильному апараті та кип'ятять з хмелем. Мета кип'ятіння – стерилізація сусла, стабілізація та ароматизація його складу гіркими речовинами хмелю. Під час кип'ятіння хмелю в сусло переходить значна частина його вуглеводів, білкових, гірких, дубильних, ароматичних і мінеральних речовин. Відбувається ароматизація сусла.

Відділення сусла від хмелевої дробини. Після закінчення кип'ятіння захмелене сусло надходить в хмелевідділювач. Хмелева дробина затримується на ситі, сусло проходить через нього і відцентровим насосом перекачується в збірник для охолодження та освітлення. Потім хмільну дробину промивають гарячою водою для

додаткового вилуговування екстрактивних речовин хмелю. Промивні води приєднуються до сусла в сусловарильному апараті.

Охолодження і освітлення сусла. Мета охолодження та освітлення сусла – зниження температури до 6–16 °С (залежно від способу бродіння), насичення його киснем і осідання зважених часток.

Для охолодження сусла до 60 °С використовують холодильні тарілки (тонкий шар сусла товщиною 150–250 мм), і відстійний апарат (високий шар сусла). Сусло охолоджується до 60 °С в тонкому шарі протягом 2–6 год, у високому шарі – до 2 год. Після досягнення 60 °С сусло перекачують на другу фазу охолодження в пластинчасті теплообмінники.

Білковий осад містить значну кількість сусла, тому його фільтрують чи сепарують, стерилізують і додають в сусло, яке йде на бродіння.

Для освітлення сусла використовують також відцентрові сепаратори, які дозволяють швидко отримати прозоре сусло і скоротити витрати екстракту з відстоєм.

Після охолодження до 6–16 °С сусло аерують повітрям безпосередньо в трубопроводі або в апараті попереднього бродіння.

Зброджування пивного сусла та доброджування пива. Основний процес, в результаті якого сусло перетворюється на пиво – спиртове бродіння. Зброджування пивного сусла проходить у дві стадії: головне бродіння і доброджування. На першій стадії відбувається інтенсивне зброджування цукрів сусла, в результаті якого утворюється молоде (каламутне) пиво, що має своєрідні смак і аромат, та ще непридатне до вживання. Під час доброджування цукри, що залишились, повільно зброджуються, пиво набуває характерних органолептичних властивостей, освітлюється і насичується діоксидом вуглецю, тобто відбувається його дозрівання і пиво перетворюється на товарний продукт.

У результаті головного бродіння сусло перетворюється на молоде пиво, яке ще не є товарним продуктом. Його направляють на доброджування і дозрівання. Під час доброжування протікають в основному ті ж процеси, що і під час головного бродінні, але більш повільно. Діоксид вуглецю, що виділяється в процесі доброджування, розчиняється і зв'язується в пиві (відбувається процес насичення пива діоксидом вуглецю).

Головне бродіння проводять у відкритих або закритих бродильних апаратах періодичним або напівбезперервним способом.

Під час періодичного бродіння пивне сусло з температурою 5–7 °С подають в бродильний апарат. Пивне сусло зброджують протягом 7–11 діб, залежно від концентрації початкового сусла.

Напівбезперервне бродіння проводять тільки в закритих бродильних апаратах, які комплектують в батареї, що складаються зі зброджувача і бродильних апаратів. Зброджувач заповнюють суслом з температурою 6–8 °С, перемішують протягом 30 хв і зброджують 24 год, а далі половину об'єму перекачують в перший бродильний апарат. Потім обидва апарати доливають свіжим суслом до повного об'єму. З інтервалом в одну добу заповнюють всі бродильні апарати. Пивне сусло зброджують за надлишкового тиску протягом 5–6 діб.

Згідно з класичною технологією, після головного бродіння молоде пиво звільняється від основної маси дріжджів, охолоджується і доброджує, а також дозріває. Мета доброджування – завершити біохімічні перетворення дріжджами залишків у кінцеві продукти – етиловий спирт, CO_2, альдегіди, ефіри, вищі спирти, органічні кислоти. Відбуваються різні окисно-відновлювальні реакції, в результаті яких зникають характерні для молодого пива присмак дріжджів і хмелева гіркота.

Доброджування пива проводять за температури від 0 до 2 °С в закритих апаратах під надлишковим тиском 0,02–0,06 МПа. Тривалість доброджування залежить від сорту пива і коливається від 21 до 90 діб.

Освітлення пива. Після доброджування і дозрівання для надання товарного вигляду і бажаної прозорості пиво освітлюють за допомогою сепарування або фільтрування. З пива видаляють дріжджові клітини, білкові та поліфенольні речовини, хмелеві смоли, солі важких металів і різні мікроорганізми.

Найкраще пиво фільтрувати на кізельгурових фільтрах. Для додання прозорості, блиску, а також підвищення стійкості під час зберігання пиво додатково фільтрують на фільтр-пресах з використанням спеціальних сортів картону.

Під час фільтрування пиво втрачає деяку частину діоксиду вуглецю, тому перед розливом його піддають карбонізації шляхом продування через пиво діоксиду вуглецю.

Після карбонізації пиво витримують 6–8 год у збірниках, а потім направляють на розлив.

Пастеризація пива. Для пива, що підлягає пастеризації, використовують молоде пиво з високим ступенем зброджування (70–75%). Після цього пиво розливають і пастеризують. Пастеризують пиво, пропускаючи безперервним потоком у пляшках, іноді в бочках. Кращі результати отримують під час пастеризації пива в безперервному потоці. У пластинчастому пастеризаторі воно протікає через тонкий шар за 40–60 секунд, нагріваючись до 70 °С, далі охолоджується у цьому ж апараті та направляється у розливний автомат з використанням стерильних пляшок.

Розлив пива. Пиво розливають у темні скляні пляшки на автоматичних розливних лініях, на яких після миття пляшок послідовно здійснюють операції розливу пива, етикетування, бракеражу, укладання в ящики або контейнери.

Частина пива розливають у алюмінієві бочки, а також у автоцистерни.

В даний час значна частина пива розливається в ПЕТ-пляшки місткістю 0,5–2,5 літри.

Пиво містить діоксид вуглецю, тому його розливають під деяким надлишковим тиском. Для цього в тарі (пляшці, бочці, автоцистерні) спочатку створюють тиск, який має рідина, що розливається, а потім наповнюють тару напоєм. Температура пива під час розливу не повинна перевищувати 3 °С.

2.3.2. Машинно-апаратурна схема виробництва пива

Машинно-апаратурна схема виробництва пива зображена на рисунку 2.7. Солод зі складу подають в повітряноситовий сепаратор 1, а потім шнеком 2 в збірник очищеного солоду 3. Ячмінь шнеком 2 також подають в повітряно-ситовий сепаратор 1, а потім до збірника ячменю 15. Солод і ячмінь пропускають через магнітний сепаратор 4, зважують на автоматичних вагах 5 і подрібнюють солод на установці для мокрого подрібнення 6, а ячмінь на валковій дробарці 16.

Вода для технологічних потреб надходить зі збірників 10 і 11. Затирання проводять в заторно-варильному апараті 7, в який подрібнений солод надходить самопливом, а подрібнений ячмінь зі збірника 17 – за допомогою шнека 2. Сюди також надходить цукровий розчин, приготований в реакторі 9 і профільтрований через вловлювач 8. Затор фільтрують у фільтрі 14. Прозоре сусло і

промивні води насосом 13 перекачують у сусловарильний апарат 18, де сусло уварюється до заданої початкової концентрації. Хміль зі складу подають в збірник 12, з якого задані порції хмелю через лійку надходять в сусловарильний апарат 18. Пивну дробину насосом перекачують у витратний збірник для реалізації.

Гаряче сусло з сусловарильного апарату 18 самопливом подається в хмелевідбірний апарат, і далі насосом перекачується в гідроциклонний апарат 28 для освітлення. Насос 20 перекачує освітлене сусло в пластинчастий теплообмінник 29, де воно охолоджується до 6 °С, а потім надходить в апарат головного бродіння 34.

Чиста культура дріжджів готується в апараті, який складається із стерилізаторів сусла 25, 27 і циліндра для зброджування дріжджів 26. Зброджена чиста культура дріжджів стисненим повітрям передавлюється в потік сусла, що надходить на бродіння. Надлишкові дріжджі з апаратів головного бродіння 34 за допомогою вакууму відбираються у вакуум-монжю 31. Насіннєві дріжджі повітрям передавлюються на вібросито 30 для очищення. Очищені дріжджі самопливом надходять в монжю 31 для зберігання. За допомогою вакуум-насоса 32 вони подаються на виробництво. Воду для заливання дріжджів охолоджують у баку 24. Надлишкові дріжджі, пройшовши монжю 31, стисненим повітрям подаються в збірник 33, з якого насосом 20 перекачуються на реалізацію.

Дезінфікуючі розчини готують у збірниках 19, 21 і 22. Після фільтрування на фільтрі 23 вони подаються на дезінфекцію обладнання.

Молоде пиво з апаратів 34 насосом 20 перекачують у апарати для доброджування і дозрівання пива 35. Після доброджування пиво через змішувач 36 насосом 37 подається для охолодження в пластинчастий теплообмінник 38, а потім для фільтрування в діатомітовий фільтр 39. Сортове пиво додатково фільтрують через паперовий фільтр 40, охолоджують до 1 °С в теплообміннику 41, насичують діоксидом вуглецю в карбонізаторі 42 і збирають у збірниках-мірниках 43, з яких пиво подається на розлив.

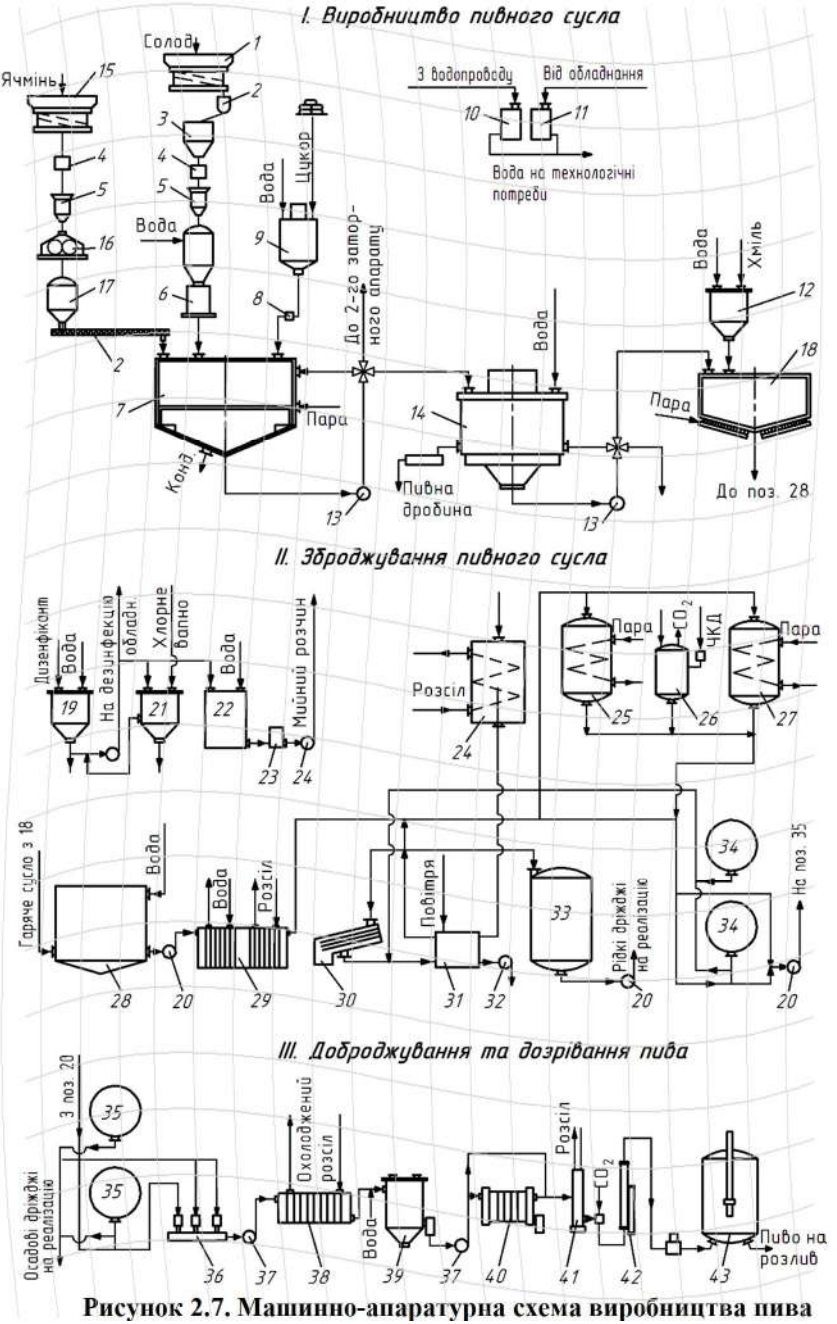


Рисунок 2.7. Машинно-апаратурна схема виробництва пива

Позначення на рисунку 2.7: 1 – повітряно-ситовий сепаратор; 2 – шнек;3 – збірник солоду; 4 – магнітний сепаратор; 5 – ваги; 6 – установка для мокрого подрібнення; 7 – заторно-варильний апарат; 8 – вловлювач; 9 – реактор (приготування цукрового розчину); 10, 11 – збірники води; 12 – збірник хмелю; 13 – насос; 14 – фільтр для затору; 15 – збірник ячменю; 16 – валкова дробарка; 17 – збірник подрібненого ячменю; 18 – сусловарильний апарат; 19, 21, 22 – збірники розчину для дезінфекції; 20 – насос; 23 – фільтр дезінфікувальних розчинів; 24 – охолоджувальний бак; 25, 27 – стерилізатори сусла; 26 – циліндр для збродження дріжджів; 28 – гідроциклонний апарат; 29 – пластинчастий теплообмінник; 30 – вібросито; 31 – монжю; 32 – вакуум-насос; 33 – збірник надлишкових дріжджів; 34 – апарат головного бродіння; 35 – апарат для доброджування та дозрівання пива; 36 – змішувальний ліхтар; 37 – насос; 38 – пластинчастий теплообмінник; 39 – діатомітовий фільтр; 40 – картонний фільтр; 41 – теплообмінник; 42 – карбонізатор; 43 – збірник-мірник.

2.3.3. Особливості виробництва безалкогольного пива

Безалкогольне пиво – напій, за смаком схожий на традиційне пиво, але майже не містить алкоголю, в ньому міститься близько 0,5% алкоголю, а це менше, ніж у квасі.

Технології виробництва безалкогольного пива засновуються або на зменшенні кількості алкоголю в пиві шляхом зникнення або зменшення бродіння, або на видаленні алкоголю з готового пива. Перший спосіб полягає в застосуванні спеціальних дріжджів, або в зупинці бродіння на визначеній стадії за допомогою охолодження. Отримане пиво містить велику кількість цукру, а його смак відрізняється від традиційного.

Видалення алкоголю можливе термічними способами (дистиляцією). Часто використовується вакуумна дистиляція і вакуумне випарювання. Кінцевий продукт має «варений» смак, так як пиво піддається дії високих температур.

Видалення алкоголю також можливе мембранним способом. За допомогою процесів осмосу або діалізу можливе видалення алкоголю з пива без застосування високих температур.

2.4. Технологічна лінія виробництва вина

Виноградне вино – це напій, отриманий шляхом зброджування виноградного соку або соку з мезгою, з додаванням або без додаванням спирту та інших компонентів, передбачених технологією.

За складом сировини вина поділяють на сортові, вироблені з одного сорту винограду, і купажовані – із суміші сортів.

За ступенем насиченості вуглекислим газом виноградні вина можуть бути тихі або містити надлишок вуглекислоти.

Залежно від технології приготування вина ділять на такі групи: столові, кріплені, ароматизовані, ігристі та шипучі.

Столові вина за вмістом цукру (г/100 $см^3$) мають підгрупи:

Група сухих вин	**Вміст спирту,% об.**	**Вміст цукру, г/100 $см^3$**
Сухі	9–13	до 0,3
Напівсухі	9–13	0,5–2,5
Напівсолодкі	9–12	2–8

Кріплені вина за вмістом спирту і цукру бувають:

Група кріплених вин	**Вміст спирту,% об.**	**Вміст цукру, г/100 $см^3$**
Міцні	17–20	2–12
Десертні солодкі	15–17	14–10
Десертні лікерні	12–16	21–30

Кріплені вина (Портвейн, Мадера, Херес, Мускат, Токай, Кагор та ін.) отримують неповним зброджуванням виноградного сусла, з додаванням спирту, а інколи концентрованого виноградного соку.

Під час виготовлення десертних вин спиртування здійснюють на початку бродіння, коли в розчині залишається багато цукру. Завдяки цьому забезпечується добра асиміляція спирту і формування гармонійного смаку вина.

Кріплені вина отримують додаванням підвищеної частки спирту перед завершенням бродіння, внаслідок чого вони стають стійкішими у зберіганні.

2.4.1. Технологічні схеми виробництва вин

Вина виготовляються за різними технологічними схемами. Вибір схеми в першу чергу залежить від групи вина згідно технології приготування – столові (натуральні) або кріплені, а також від групи вина за кольором – біле, рожеве та червоне.

Стололові (натуральні) вина отримують в результаті повного або часткового зброджування цукру, що міститься в суслі, без додавання спирту. За повного вибродження цукру отримують сухі вина. Схема виробництва вин цієї групи наведена на рисунку 2.8.

Білі сухі натуральні вина виготовляють за «білим» способом (рисунок 2.8, схема 1). Особливості технології: виноградне сусло зброджують на мезгі з гребенями (гребінь – частина грона винограду) у великих резервуарах. Періодично, 2–4 рази на добу, сусло із мезгою перемішують. Після закінчення бродіння резервуари доливають і протягом 2–4 місяців виноматеріал настоюють на мезгі. В процесі витримування вино самоосвітлюється, і його відокремлюють від мезги.

Під час виробництва червоних вин виноград переробляють за «червоним» способом (рисунок 2.8, схеми 1, 2, 3).

Натуральні напівсухі та напівсолодкі вина отримують частковим зброджуванням цукрів сусла чи мезги або купажуванням сухих виноматеріалів з консервованим суслом без внесення спирту. Ці вина – біологічно нестійкі: можуть почати бродити, в них легко розвиваються дріжджі та інші мікроорганізми. У виробництві таких вин поряд із загальними технологічними прийомами використовують спеціальні заходи, спрямовані на забезпечення їх біологічної стабільності.

Особливості виробництва напівсухих і напівсолодких вин: зупинка бродіння в потрібний момент для отримання вина з необхідним вмістом цукру і спирту, стабілізація виноматеріалу в ході технологічного оброблення і витримування, а також розлитого в пляшки готового вина. Використовують виноград білих, рожевих, червоних сортів цукристістю 20–22%. Зупинку бродіння проводять різними способами, серед яких широкого поширення набули сульфітація (введення діоксиду сірки), термічне оброблення (теплом або холодом), підтримання низьких температур під час бродіння для накопичення CO_2. Стабільність готових натуральних вин, що містять цукор, забезпечують шляхом пляшкової пастеризації або гарячого розливу.

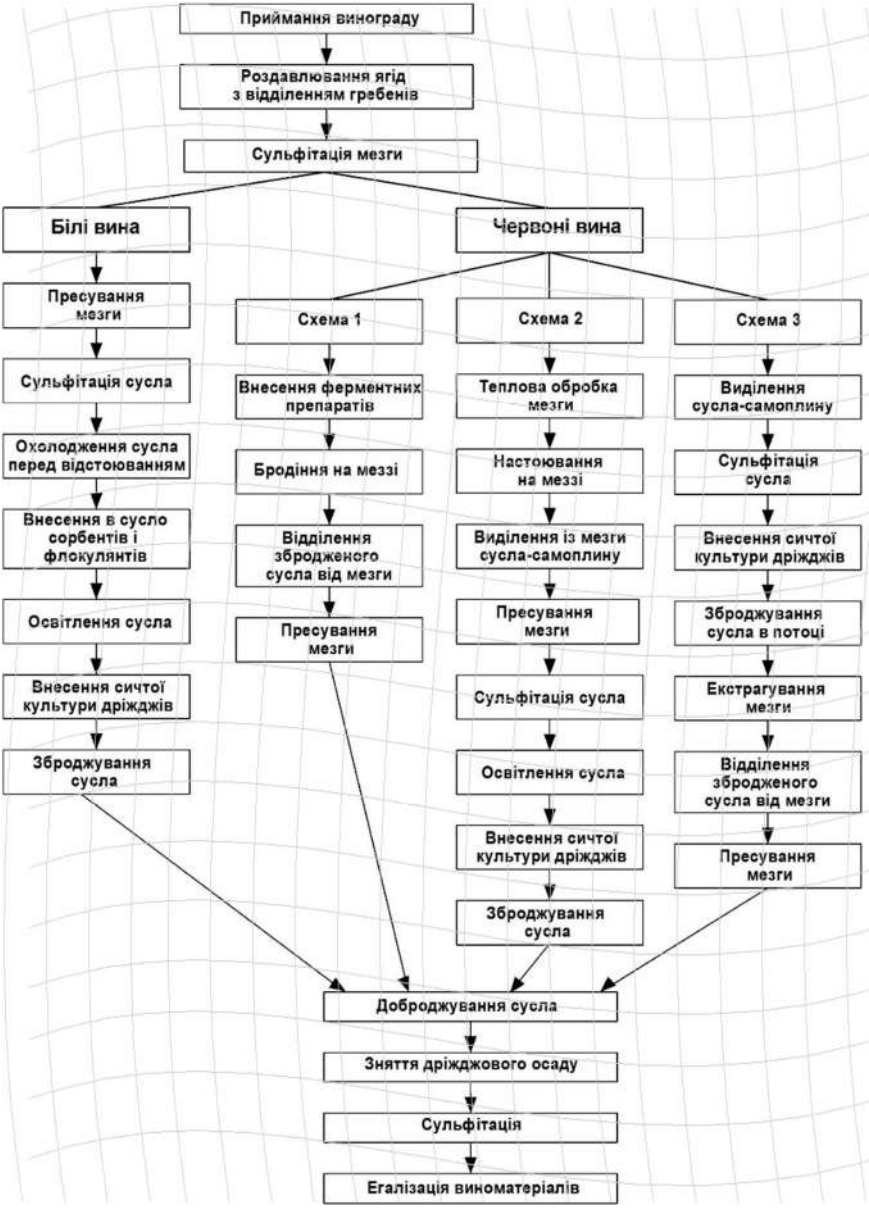


Рисунок 2.8. Принципова схема виробництва виноматеріалів для столових натуральних вин

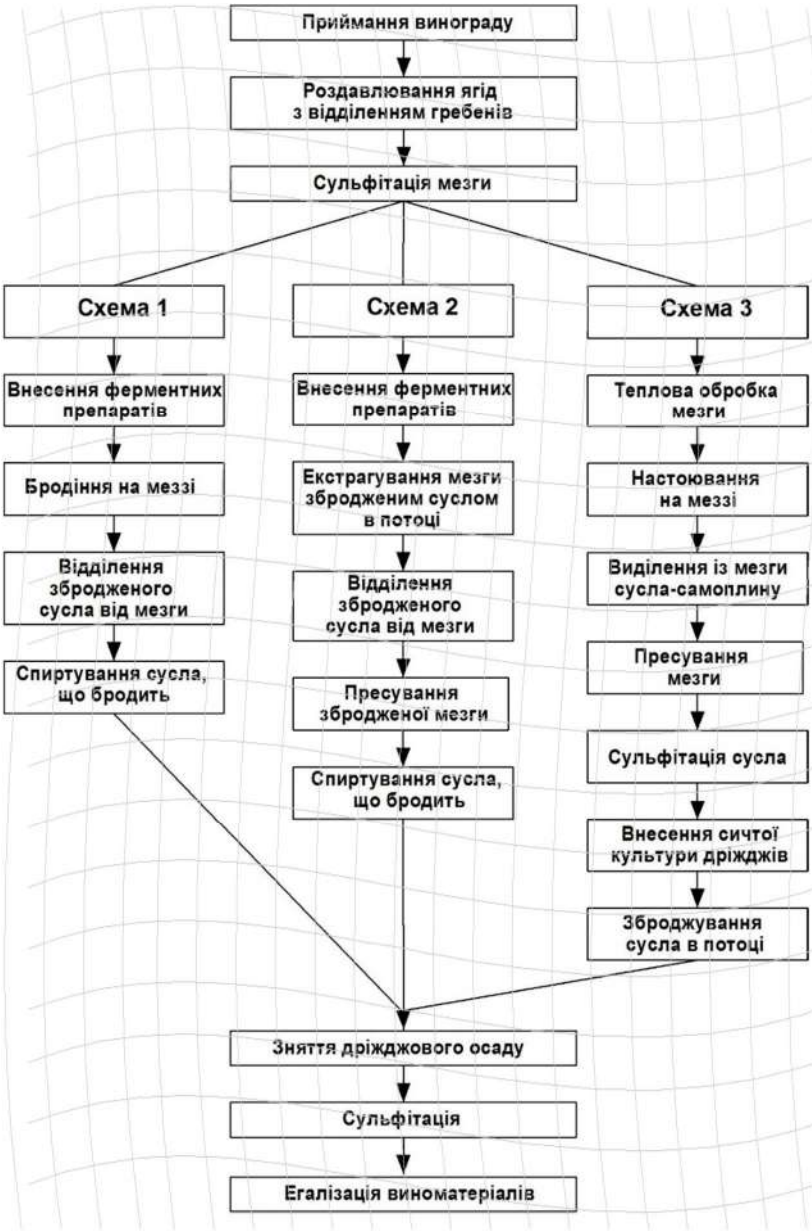


Рисунок 2.9. Принципова схема виробництва виноматеріалів для кріплених вин

Спеціальні вина – кріплені, десертні та лікерні. Під час їх виробництва до виноградного сусла під час бродіння або до купажу у вторинному виноробстві додають спирт та інші інгредієнти (рисунок 2.9).

Під час виготовлення даних типів вин застосовують спеціальні прийоми, в результаті чого вина набувають особливих смакових якостей. Більшість цих прийомів направлено на затримку нормального ходу бродіння на певній стадії, щоб зберегти у вині ту чи іншу кількість цукру. Широко поширеним способом припинення бродіння на будь-якій стадії є спиртування (кріплення) – введення в зброджуване сусло спирту. При цьому у вині зберігається необхідна кількість цукру і одночасно надається йому необхідна міцність. Під час виготовлення десертних вин спиртування проводять не лише спиртом-ректифікатом, але і містелем (містель – спиртоване виноградне сусло). Крім того, користуються такі спеціальні прийоми, як настоювання сусла на меззі з подальшим нагріванням та спиртування мезги. Ці операції забезпечують розчинення в суслі ароматичних і фарбувальних речовин, що знаходяться в клітинах шкірки.

Дроблення винограду і відділення гребенів з метою отримання високоякісних столових і шампанських виноматеріалів здійснюють на валкових дробарках-гребневідділювачах.

Сік витягується з мезги спочатку на стікачах, на яких відокремлюють сусло-самоплив, що йде на приготування високоякісних білих столових вин, а потім на пресах. Сусло-самоплив отримують на корзинних, ротаційних і стрічкових стікачах. В даний час найширше використовуються шнекові стікачі безперервної дії, в яких сусло-самоплив відділяється вільним стіканням через перфоровану поверхню приймального бункера, а потім частково висушена мезга надходить в похилий циліндр із обертальним шнеком, де відбувається пресування мезги і отримання сусла першого тиску. Подальше витягання соку з мезги здійснюється на пресах періодичної або безперервної дії. Процес пресування чергується з перемішуванням мезги.

Відстоювання і сульфітація сусла. Сусло, отримане пресуванням, повинне бути звільнене від зважених частинок, обривків шкірки і м'якоті. Для цього сусло витримують у відстійних

резервуарах протягом 20–24 год. Одночасно для пригнічення життєдіяльності мікроорганізмів, що знаходяться в суслі, в сусло вводять SO_2 з розрахунку 75–120 мг/л. Під час відстоювання сусла відбувається його освітлення. Перед освітленням сусло може охолоджуватися до температури 10–12 °С. В цьому випадку тривалість відстоювання складає 10–12 год.

Бродіння сусла. Освітлене сусло з відстійних резервуарів подається на бродіння. Процес бродіння здійснюється періодичним або безперервним способом. Для проведення бродіння використовують бочки, бути, металеві або залізобетонні резервуари. За періодичного способу бродіння сусло перекачують в бродильну ємність, вводять розводку винних дріжджів у кількості 2% за об'ємом сусла. Температуру сусла під час бродіння підтримують рівні 15–20 °С. У перші декілька діб відбувається розмноження дріжджів і починається повільне бродіння. Потім настає період бродіння, що характеризується бурхливим виділенням діоксиду вуглецю, і триває 8–10 діб. Швидкість бродіння поступово знижується, і починається третій період бродіння – доброджування (тихе бродіння), яке триває 2–3 тижні. У цей період CO_2 утворюється слабо, дріжджі поступово осідають на дно, відбувається освітлення молодого вина. Разом із спиртом і діоксидом вуглецю в процесі бродіння утворюються вторинні продукти спиртного бродіння (гліцерин, альдегіди, кислоти і ін.), що грають важливу роль в створенні смаку і аромату вина. Після закінчення бродіння дріжджі видаляють, а молоде вино переливають в іншу ємність. Потім молоде вино піддають обробленню та витримуванню.

Під час безперервного способу бродіння проводять в бродильних апаратах, що складаються з бродильних резервуарів місткістю 2000 дал (20 $м^3$) і напірних баків. Бродильні резервуари сполучені системою трубопроводів, що забезпечують перетікання зброджуваного сусла з резервуару в резервуар, заповнення і звільнення апарату. Зброджуване сусло перетікає з резервуару в резервуар послідовно під тиском утвореного діоксиду вуглецю.

Оброблення і витримування вин. Молоде вино (виноматеріал) ще не володіє властивостями, що відрізняють витримані, зрілі вина. Для всіх типів вин передбачається комплексне оброблення, що включає наступні операції: купаж, деметалізацію, обклеювання

освітлювальними речовинами, оброблення теплом і холодом, фільтрування і ін.

Під час витримування вин в бочках або бутах використовують такий технологічний прийом, як *доливання і переливання* вина. Унаслідок випаровування вина під час зберігання в бочці простір, що утворюється, заповнюється повітрям, що негативно позначається на якості вина. Для того, щоб виключити доступ повітря до вина, проводять доливання бочок і бутів вином того ж сорту і віку.

Купаж проводять для отримання однорідної партії з вирівняними показниками за кольором, вмістом кислот, цукру тощо. Змішують виноматеріали одного і того ж сорту і призначення.

Деметалізацію проводять обробкою вин гексациано-(Н)-фератом калію $K_4[Fe(CN)_6]$, фітином, Трилоном Б, які, реагуючи з небажаними компонентами вина – важкими металами, утворюють осад. Це підвищує стабільність і покращує смак вина.

Обклеювання вина – введення органічних (желатин, казеїн, танін) або неорганічних (діатоміт, бентонітові глини) сорбентів, які вступають у взаємодію з колоїдами вина і створюють пластівчасті скупчення, які під час осідання захоплюють за собою речовини, здатні утворювати муть і додавати вину стороннього смаку і запаху.

Фільтруванням через різні матеріали (діатоміт, перліт) досягається звільнення вина від частинок, що викликають утворення муті, повне освітлення (до прозорості з блиском).

Дозрівання вина пов'язане з процесами, які йдуть в період витримування вина, і обумовлене в основному окислювальними процесами, що відбуваються у вині за участю кисню повітря. На стадії дозрівання вина відбуваються процеси, що сприяють поліпшенню смаку, букету і стабілізації вина.

Подальше зберігання вина повинне здійснюватися в герметично закритих ємкостях. Під час зберіганні вина в анаеробних умовах (найчастіше в щільно закупорених пляшках) відбувається *старіння* вина, пов'язане зі складними фізико-хімічними процесами, що відбуваються за рахунок складових частин вина без участі кисню. В результаті цих процесів у вині особливо сильно формуються тонкий смак і аромат – букет старіння. Термін досягнення вином таких якостей досить тривалий і залежить від багатьох факторів. Для білих, легких, малоекстрактних вин – 4–5 років; для міцних, високоекстрактивних вин – 10–12 років і більше.

2.4.2. Машинно-апаратурна схема виробництва вина

Столові вина отримують на потокових лініях, що забезпечують високий рівень механізації і автоматизації (рисунок 2.10).

Виноград з бункера-живильника 1 надходить у валкову билку-гребеневідділювач 2, звідки роздроблена маса (мезга) мезгонасосом надходить в стікач 4, а потім в прес 5, в якому відділяється сусло. Сусло нагнітається насосом 6 в сульфітодозатор 7, де воно обробляється діоксидом сірки.

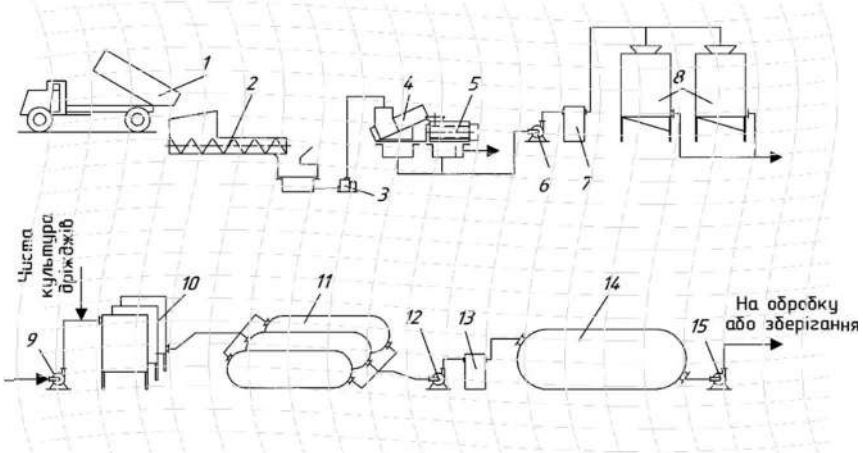


Рисунок 2.10. Машинно-апаратурна схема виробництва столових вин:
1 – бункер–живильник; 2 – валкова билка-гребеневідділювач; 3 – мезгонасос; 4 – стікач; 5 – прес; 6 – насос; 7 – сульфітодозатор; 8 – резервуар; 9 – насос; 10 – апарати для зброджування, 11 – апарати для доброджування; 12 – насос; 13 – сульфітодозатор; 14 – ємність для егалізації, 15 – насос.

У резервуарах 8 відбувається освітлення сусла (відстоювання). Далі насосом 9 сусло перекачується в апарат для зброджування 10, в яку одночасно надходить чиста культура дріжджів (ЧКД). Після цього виноматеріал надходить в ємкості 11, в яких відбувається доброджування. Виброджений виноматеріал насосом 12 подається в сульфітодозатор 13, а потім в ємність для егалізації 14 (егалізація – змішування вин одного і того ж типу з різних партій для забезпечення їх однакових властивостей), звідки насосом 15 перекачується на подальшу обробку.

2.5. Технологічний комплекс виробництва вівсяних пластівців

Вівсяні пластівці – це вівсяна крупа, очищена від домішок, пропарена і розплющена в пластівці.

Залежно від способу обробки сировини вівсяні пластівці розділяють на три види: «Геркулес», пелюсткові і «Екстра». Вівсяні пластівці «Геркулес» і пелюсткові виробляють з вівсяної крупи вищого ґатунку. Для виробництва вівсяних пластівців «Екстра» використовують овес 1-го класу. У залежності від тривалості варіння вівсяні пластівці «Екстра» виробляють трьох номерів: № 1 – з цілої вівсяної крупи; № 2 – дрібні з різаною крупи; № 3 – які швидко розварюються і з різаної крупи.

2.5.1. Стадії виробництва вівсяних пластівців

На рисунку 2.11 наведена принципова схема виробництва пластівців «Геркулес» з вівсяної крупи

2.5.2. Машинно-апаратурна схема виробництва вівсяних пластівців

Машинно-апаратурна схема виробництва вівсяних пластівців із зерна представлена на рисунку 2.12.

Вівсяну крупу, яка надходить на виробництво направляють на зерновий сепаратор для очищення від сторонніх домішок у тому числі від феродомішок, і відділення дрібної крупи і січки. На сепараторі встановлюють металеві штамповані сита з отворами наступних розмірів (в мм): приймальне сито – 4×20, сортувальне сито – 2,5×20, підсівне сито – 1,3×15. Схід з приймального сита, що містить великі домішки, направляють у відходи, з підсівного сита – дрібна крупа і січка – також є відходом. Сходи з сортувального і підсівного сит з'єднують разом і направляють на подальшу переробку. Очищену крупу підсушують у сушарці до вмісту вологи 8%.

Сушіння здійснюють на будь-яких сушарках, використовуючи в якості агента нагріте повітря. Найдоцільніше сушити крупу на стрічкових конвеєрних сушарках.

Підсушену крупу пропускають через дуаспіратор *3* для відділення лушпиння і обробляють на крупороздільних машинах

(робочої і контрольної) для відділення непролушенного зерна і зернової домішки.

Пролущену крупу вдруге обробляють на дуаспіраторі і резервують у бункері. Непролушена крупа подається на лущення розділяється на пролущену і непролущену після чого з'єднується з основною масою.

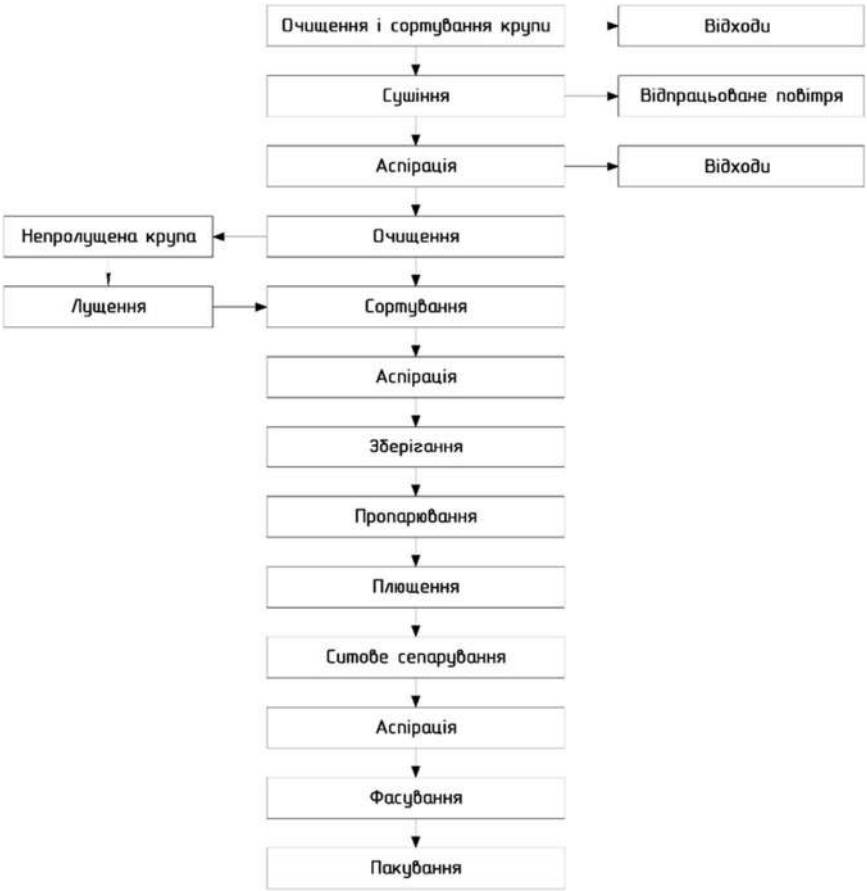


Рисунок 2.11. Стадії виробництва вівсяних пластівців

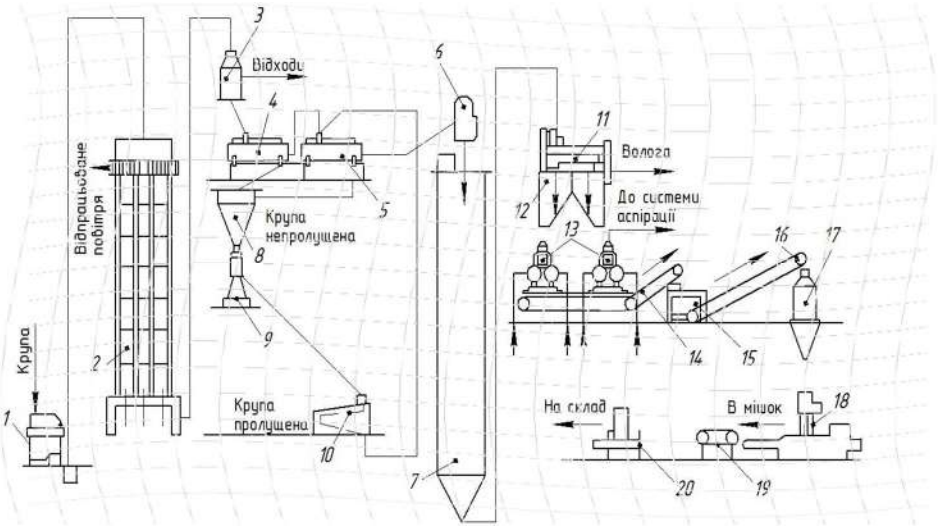


Рисунок 2.12. Машинно-апаратурна схема виробництва вівсяних пластівців:

1- зерновий сепаратор; 2 – сушарка; 3 – дуаспіратор; 4 – робоча крупо роздільна машина; 5 – контрольна крупо роздільна машина; 6 – дуаспіратор; 7 – бункер пролущеного зерна; 8 – бункер непролущеного зерна; 9 – лущильний постав; 10 – крупо роздільна машина; 11 – ошпарювач; 12 – бункер для пропарювання крупи; 13- плющильний верстат; 14 – стрічковий транспортер; 15 – сортувальне сито; 16 – стрічковий транспортер; 17 – аспіраційна колона; 18 – фасувальна машина; 19 – штабелер; 20 – пакувальна машина.

Для полегшення процесу плющення крупу пропарюють парою під тиском 0,2–0,3 МПа до вологості не більше 14%. Пропарена крупа менше подрібнюється і кришиться.

У крупі під час пропарювання відбувається часткова клейстеризація крохмалю, це істотно змінює фізичні та біохімічні властивості крупи; крохмаль стає більш засвоюваним.

Пропарена крупа відлежується в бункері протягом 25–30 хв. для рівномірного розподілу вологи в ядрі. Крім вирівнювання вологи в ядрі крупи, що дуже важливо для процесу плющення, спостерігається старіння крохмалю, що характеризується зниженням

вмісту в крупі водорозчинних речовин. В результаті старіння крохмалю зміцнюються стінки його клітин, що також сприяє одержанню пластівців з хорошою структурою.

Крупа після пропарювання і витримки надходить на плющення в пластівці товщиною не більше 0,5мм, яке відбувається на плющильних верстатах. На валкових верстатах встановлюють гладкі валки з однаковою кількістю обертів. Вальцеві верстати, що мають різне число обертів валків, непридатні для плющення, оскільки створюється зсув шарів зерна, затиснутою валками, в зв'язку з випередженням швидкості одного валка відносно іншого. Цей зсув призводить до подрібнення ядра, і пластівців не виходить.

Отримані пластівці стрічковими транспортерами подають на сортувальне сито з діаметром отворів від 8 до 12 мм, де від них відділяється дрібні домішки.

Потім пластівці стрічковими транспортерами передаються в аспіраційну колонку для відділення лушпиння. Одночасно вони охолоджуються і підсушуються до вологості 8%.

Готові вівсяні пластівці фасуються на машині в картонні коробки по 0,5–1 кг. Коробки штабелюють і упаковують в крафт-папір на пакувальній машині.

Вівсяні пластівці «Геркулес» містять нестійкий жир, який легко окислюється, тому їх зберігання в негерметичній тарі довгий час не рекомендується. Крім того, пластівці є гарним середовищем для розвитку зернових шкідників, у зв'язку з цим доцільно застосовувати таку упаковку, яка забезпечувала б їх захист від проникнення шкідників.

Доцільно для упаковки вівсяних пластівців використовувати прогресивні полімерні пакувальні матеріали, що забезпечують краще зберігання продукту

2.6. Технологічна лінія виробництва кави

Ка́ва – напій, що виготовляється зі смажених плодів (бобів) кавового дерева. За деякими оцінками, кавовий напій є другою за об'ємами споживання речовиною на Землі після води.

Смажена кава відрізняється великим розмаїттям речовин. У процесі смаження відбуваються складні фізико-хімічні зміни, що призводять до нових фізичних властивостей, до часткового розкладання і утворення нових речовин, що обумовлюють колір, смак і аромат смажених кавових зерен.

Оброблення зерен кави. За мокрим способом, який використовується частіше, ніж сухий, зерна відокремлюють від м'якоті механічним шляхом на спеціальних валкових установках.

Очищені від основної маси м'якоті зерна піддають 2–3-денному бродінню (ферментації). Після такої обробки решта м'якоті легко змивається водою. Потім зерна просушують до вологості 10–12%, звільнюють від оболонок, а готову сировину піддають сортуванню і направляють на зберігання.

Мокрим способом обробляють тільки кращі помольні сорти. Кава мокрої обробки більше цінується на світовому ринку за її тонкий смак, адже у даному випадку процес ферментації краще контролюється.

Сухим способом плоди сушать на сонці або в сушарках; механічним шляхом видаляють суху м'якоть і оболонку; сортують за розміром і пакують.

Перед реалізацією кавові зерна піддають остаточному обробленню, яке включає видалення з борозенки залишків сріблястої оболонки, а також полірування зерна. Завдяки обробленню отримують чисте, гладеньке і блискуче зерно.

Добре висушені зерна кави пакують в мішки, в яких їх зберігають і експортують.

Сирий готовий продукт зберігають залежно від помольного сорту від 2 до 10 років в місцях виробництва.

Слід відзначити, що в період зберігання відбувається дуже повільна ферментація (дозрівання) зерен кави, що проявляється в зникненні трав'яного присмаку, підвищенні екстрактивності і посиленні кавового аромату.

2.6.1. Стадії технологічного процесу виробництва смаженої кави

Стадії технологічного процесу виробництва смаженої кави:

– Приймання і сепарація сировини;
– Обсмажування;
– Помел (для виготовлення меленої кави);
– Просіювання обсмаженого напівфабрикату;
– Змішування компонентів;
– Пакування

Початкові стадії технологічного процесу виробництва кавових продуктів виконуються за допомогою комплексів обладнання для зберігання, транспортування і підготовки до виробництва кави.

Для зберігання сирої кави використовують бункери. На невеликих підприємствах для транспортування кавових зерен використовують завантажувачі, ланцюгові і гвинтові транспортери. На великих підприємствах використовують системи пневматичного транспортування зерен.

Підготовку сировини виконують за допомогою просіювачів, сепараторів, магнітних уловлювачів і допоміжного обладнання.

Для надання сирим зернам кави необхідних смакових і ароматичних властивостей перед споживанням їх обсмажують за температури 180–220°С протягом 15–30 хв.

Провідний комплекс лінії складається із обсмажувальних апаратів, грануляторів, просіювачів.

Завершальний комплекс обладнання лінії включає змішувально-дозувальні станції для дозування і змішування рецептурних компонентів, фасувальні машини і обладнання експедицій та складів готової продукції.

2.6.2. Машинно-апаратурна схема виробництва смаженої кави

Кожний вид кавової сировини засипають (рисунок 2.13) із мішків в бункер, подають ковшовим елеватором на автоматичні ваги, зважують і накопичують пневмотранспортом низького тиску у вібраційний сепаратор, видаляють домішки шляхом аспірації, просіювання і пропускання через магніти, легкі домішки (пил) відділяють вентилятором і осаджують в циклонах. Сепаратор має штамповані металеві сита з отворами наступних розмірів (в мм):

уловлювач з овальними отворамими 9×16 чи 13×16, сортувальне (прохідне з ромбовими отворами) 10×17, сходове проволочне сито з квадратними отворами 2×6 чи 1.5×20.

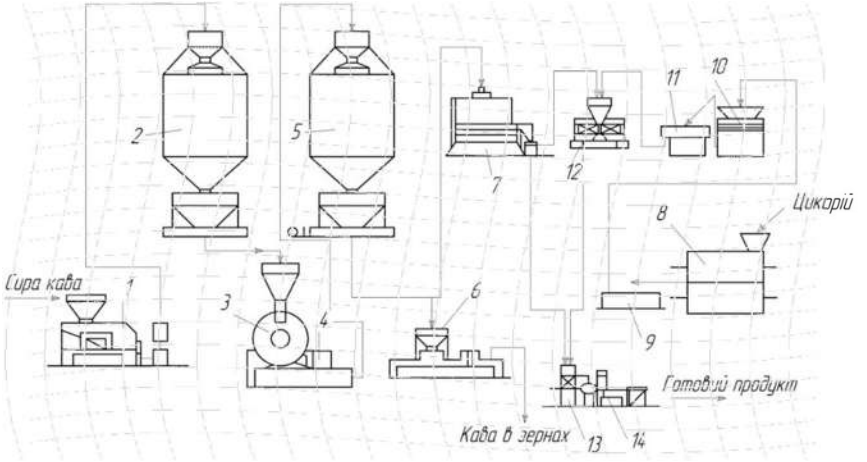


Рисунок 2.13. Машинно-апаратурна схема лінії виробництва смаженої кави:

1 – вібраційний сепаратор; 2 – бункер; 3 – обсмажувальний барабан; 4 – охолоджувальна чаша; 5 – бункер для обсмаженої кави; 6 – пакувальна машина; 7 – гранулятор; 8 – обсмажувальний апарат; 9 – стрічковий транспортер; 10 – валковий верстат; 11 – розсів; 12 – змішувач; 13 – фасувальний автомат; 14 – пакувальна машина.

Сира кава із сепаратора транспортується пневмотранспортом високого тиску за рахунок потоку очищеного повітря в чотирьох чи шестисекційний бункер, завантаження секції бункера фіксується датчиком.

Перед сепарацією наступного виду кави попередній вид повинен бути повністю завантажений у відповідну секцію, після закінчення роботи сепаратора збираються відходи із приймальних пунктів і очищуються магніти.

Очищені зерна кави обсмажують в обсмажувальному барабані і охолоджуються в охолоджувальних чашах.

Незадовго до закінчення обсмаження каву зволожують до 4%, для чого всередині барабану спеціальним пристроєм розпилюється

вода. Кількість води для зволоження кави становить 8–10% від маси сировини.

Охолодженні зерна кави збирають в бункер по секціям в залежності від сорту і виду.

Зерна кави в цілому вигляді пакують в пакети чи металеві банки на машина. Для виготовлення меленої кави обсмажене зерно розмелюють на гранулятор і за видами кави або у вигляді сумішей.

Гранулятор складається з п'яти валків, три з яких попередньо подрібнюють каву, а два доводять частинки продукту до потрібних розмірів.

Розфасована в пачки чи банки кава запаковується в коробки на машині4.

Порошкова кава. Найдешевший спосіб виробництва розчинної кави – це виробництво порошку. Сира кава проходить очищення, після чого її обсмажують. Потім зерна подрібнюють до часток розміром 1,5–2 мм.

Наступна технологічна операція – екстракція розчинних речовин гарячою водою під тиском. Для цього дрібнорозмелену каву обробляють 3–4 години гарячою водою під тиском 1,5 МПа. Після охолодження отриманий екстракт фільтрують, видаляють нерозчинні й смолисті речовини і сушать гарячим повітрям. Потім отриману порошкоподібну масу охолоджують.

Агломерована розчинна кава. Агломерована розчинна кава – кава в гранулах.

Агломерація (від латинського agglomero – «приєдную, нагромаджую»)

Гранульована кава – кава збита в дрібні грудочки парою. Виробничий цикл майже не відрізняється від виробництва порошку. Різниця тільки в останньому етапі, коли порошок збивають у гранули парою, змінюється молекулярна структура зерна і здійснюється шкідливий вплив на аромат і смак кави.

Сублімована розчинна кава «фриз-драйд». *Сублімація* (від латинського sublimatio – «піднесення») – зневоднення, висушування заморожених продуктів під вакуумом за низького тиску. Сублімаційна сушка зберігає основні біологічні якості матеріалу,

тому що при цьому кисень повітря не окислюється й не змінює об'єм продукту.

Суть його виробництва полягає в тому, що кавовий відвар заморожують за дуже низьких температурах. У результаті утворюються льодові кристали. Ці кристали знезводнюють під вакуумом – саме завдяки цьому в каві зберігаються натуральні корисні речовини. Така кава має більш тонкий смак і аромат. Знезводнену масу розбивають – у результаті одержують кристали нерівної форми. Ця технологія дозволяє максимально зберегти й передати смакові особливості натуральної кави.

Сушіння заморожуванням – процес «фриз-драйд» – це видалення замороженої вологи із глибоко замороженого продукту, що відбувається в умовах високого вакууму й за температури значно нижче точки замерзання.

Процес виробництва кави під назвою «сушіння заморожуванням», або «фриз-драйд», складається з наступних етапів. Спочатку концентрований екстракт кави охолоджують і спінюють відповідно до вимог по густині і кольору кінцевого продукту. Потім охолоджений і спінений екстракт заморожують – він перетворюється у твердий лід – на спеціальній транспортерній стрічці. Заморожування забезпечується прогоном повітря низької температури. Після цього іде грануляція – лід проходить процес гранулювання (дроблення). Розмір гранул регулюють залежно від вимог до кінцевого продукту. Гранули поміщають на спеціальні таці.

Наступний етап – «фриз-драйинг» – холодне сушіння. Таці з гранулами замороженого екстракту подають у ємність, де забезпечують вакуум. Посудина являє собою горизонтально розташований циліндр з вбудованими випарними конденсаторами. Усередині циліндра розміщають транспортер для таць і систему нагрівальних елементів. Система нагрівальних елементів може бути радіаційного типу – тепло передається продукту шляхом випромінювання. Другий тип – контактний. В системі контактного типу тепло від нагрівальних елементів передається за безпосереднього контакту з продуктом.

На останньому етапі готовий продукт – розчинну каву – виводять із вакуумної камери шляхом спорожнювання таць. «Фриз-драйд» кава через лійку надходить у спеціальний бункер для короткочасного зберігання. Після цього кава готова до розфасовки в банки.

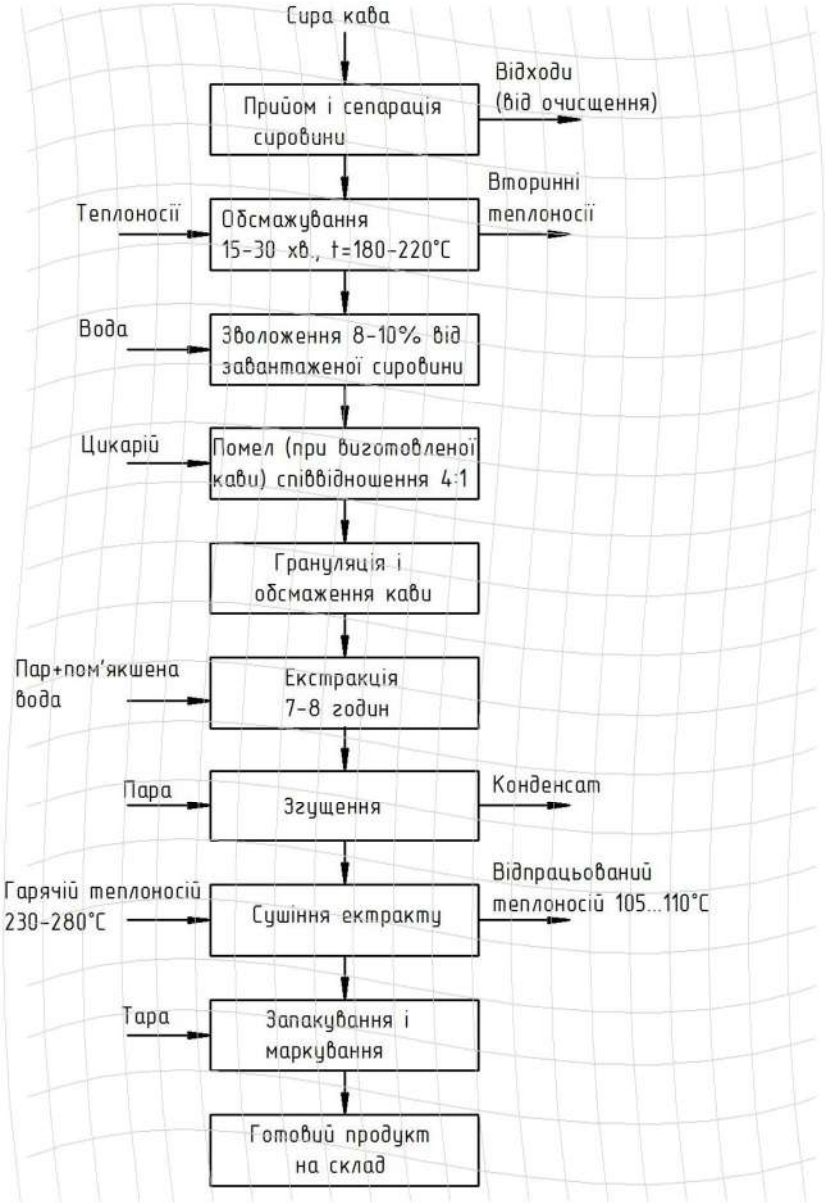


Рисунок 2.13. Принципова технологічна схема виробництва розчинної кави

2.6.3. Стадії виробництва розчинної кави

Розчинна кава – це екстракт натуральної кави. Розчинну каву випускають 3-х видів – залежно від технології виробництва:

– порошкова (спрей)
– гранульована (агломерат)
– сублімована («фриз-драйд»).

Принципова технологічна схема виробництва розчинної кави представлена на рисунку 2.14.

2.6.4. Машинно-апаратурна схема виробництва розчинної кави

Машинно-апаратурна схема виробництва розчинної кави наведена на рисунку 2.15.

Кожна партія сирих зерен кави зважується на автоматичних вагах порціями по 20кг і пневмотранспортом низького тиску по трубопроводах 1 подається у вібраційний сепаратор, де відділяються сторонні домішки шляхом аспірації, просіювання і пропускання через магніт, кава обробляється окремо за видами і сортами. Після чого зерна пневмотранспортом високого тиску по трубопроводах через циклон-розвантажувач направляють на чотирьох- і шести секційний бункер для зберігання різних видів і сортів кави.

Звідти зерна кави надходять на ваги, які зважують каву, що надходить з різних секцій бункера, і далі – в обсмажувальний барабан.

Тривалість обсмажування однієї порції кави (240–300 кг) становить 13–18 хв. за температури 180–215 °С в апараті типу «Пробат». Обсмажену каву зволожують безпосередньо в обсмажувальному барабані, доводячи вологість до 5–7%, щоб уникнути утворення дрібних частинок під час помелу. Для цього до кінця обсмажування в барабан протягом 50 с подають 20 л води і закривають вихід димових газом. Це зменшує дезодорацію кави і знижує втрати ароматичних речовин. Кислотність обсмаженої кави повинна складати 5,2–5,4 pH, а вміст екстрактивних речовин для кави I сорту не менше 25%, для кави II сорту – 27,5%.

Потім обсмажену каву охолоджують в охолоджувальній чаші і через каменевідбірник і ваги 0 пневмотранспортом високого тиску по трубопроводу направляють з розвантаженням в циклоні-осаджувачі в бункер, призначений для зберігання смаженої кави. Звідси обсмажені зерна надходять на гранулятор, де їх подрібнюють, перетворюючи в крупку.

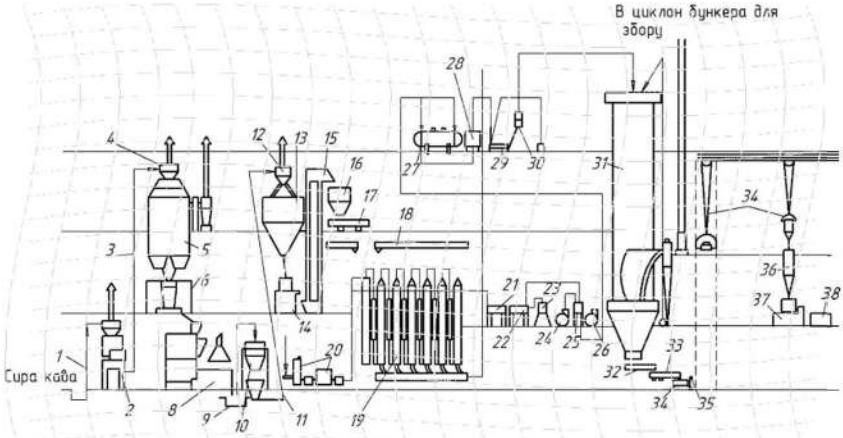


Рисунок 2.15. Машинно-апаратурна схема виробництва розчинної кави:

1 – трубопроводи пневмотранспорту низького тиску; 2 – вібраційний сепаратор;
3 – трубопроводи пневмотранспорту високого тиску; 4 – циклон-розвантажувач; 5 – бункер для зберігання різних видів і сортів кави;
6 – ваги; 7 – обсмажувальний барабан; 8 -охолоджувальна чаша;
11 – трубопровід пневмотранспорту високого тиску; 12 – циклон-осаджувач; 13 – бункер для зберігання смаженої кави; 14 – гранулятор;
15 – ковшовий елеватор; 16 – бункер; 17 – вібраційний транспортер;
19 – екстракційні батареї; 20 – установка для пом'якшення води;
21 – пластинчастий фільтр; 22 – охолоджувач; 23 – змішувальний бак;
24 – насос; 25 – ваговий збірник; 27 – танк накопичувач; 28 – фільтр;
29 – живильний насос високого тиску; 30 – ресивер; 31 – сушильна вежа;
32 – вібросито; 33 – віброохолоджувач; 34 – контейнер; 35 – ваги;
38 – закатувальна машина.

Крупку гранульованої кави ковшовим елеватором завантажують в бункер, а звідти вібраційним транспортером через ваги екстрактори екстракційні батареї, де з метою отримання екстракту каву обробляють гарячою водою, перед тим пом'якшеною на установці, яка складається іонізуючого баку і сатуратора. Для очищення воду обробляють сіллю. Жорсткість води після обробки сіллю не повинна бути більшою 0.35мг-єкв/л.

Екстракційна установка складається з шести екстракторів зі змінними трубчатими фільтрами з отворами діаметром 1.0–1.5мм, шести проміжних теплообмінників із змійовиками, в яких проходить екстракт, зовні обігрівається парою Повний цикл екстракції триває 7–8 годин. За цей час через кожний екстрактор проходить 3500–4000л води. В екстрактор закладають по 165 кг гранульованої кави. Співвідношення кави і води в екстракторі таким чином складає 1:20–1:25, що є оптимальним. Екстракт на батареї відбирають зі вмістом 27–28% сухих речовин. Отриманий екстракт через пластинчастий фільтр і охолоджувач перекачують в змішувальний бак, де змішують з порошком розчинної кави, доводячи вміст сухих речовин в продукті до 30%. Із баку насосом перекачують екстракт кави в ваговий збірник звідти насосом в танк накопичувач.

Далі екстракт фільтрують через фільтр і живильним насосом високого тиску через ресивер подають в сушильну башню. Кавовий екстракт сушать на розпилювальній сушарці з розпиленням продукту форсункою.

Розпилений екстракт зустрічається з потоком гарячого повітря, яке подається зверху вентилятором, і швидко висихає. Температура повітря на вході в сушильну башню 230–280 ºС, на виході із сушильної вежі не більше 105–115.

Отриманий сухий екстракт кави із сушильної вежі вивантажують на вібросито із нього через віброохолоджувач – в контейнер. Контейнери зважують на вагах. Контейнери з порошком розчиної кави подають до завантажувального бункера фасувальної машини, де готовий продукт фасують по 100 чи 50 г в металеві банки. Для закатування днищ банок використовують закатувальну машину.

2.7. Технологічна лінія виробництва борошна

Сировиною для виробництва борошна є пшениця, жито, а також гречка, кукурудза, ячмінь та овес. Пшеничне і житнє борошно відносяться до основних, так як широко використовуються для виробництва хліба.

До чинників, що впливають на якість борошна, відносяться якість зерна та його борошномельні властивості.

До якості зерна ставлять наступні вимоги: вологість – не вище 12,5–13,5%, сміттєві домішки – не більше 2%, шкідливі – не більше 0,2%, зернові – не більше 5% для пшениці та 4% для жита, в тому числі не більше 3% пророслих зерен. Зольність цілого зерна пшениці становить 1,5–2,2%, жита – 1,7–2,2. Кількість клейковини в зерні для сортового помелу має бути не менше 25%,

Борошномельні якості зерна характеризуються його властивостями, що визначають організацію технологічного процесу, його параметри, вихід і якість борошна, до яких відносяться склоподібність, зольність, натурна маса, крупність зерна, а також вологість і засміченість.

2.7.1. Стадії виробництва борошна

Процес виробництва борошна можна поділити на основні етапи:
- приймання і зберігання зерна;
- формування помольних партій зерна;
- підготовка зерна до помелу;
- помел зерна в борошно;
- вибій і зберігання борошна.

Приймання і зберігання зерна. Приймають, розміщують та зберігають зерно на примлиновому елеваторі. Рекомендують, щоб запас зерна був не меншим місячної потужності млина.

Формування помольних партій зерна. Формування помольних партій зерна здійснюють також на примлинових елеваторах. Для цього змішують зерно за різними показниками якості для одержання партій зерна, які б відповідали вимогам за клейковиною, склоподібністю, зольністю, засміченістю тощо. Змішування зерна – найкращий спосіб використання зерна зі зниженими борошномельними і

хлібопекарськими властивостями. Від рівня приготування помольних партій в значній мірі залежить якість готового борошна.

Підготовка зерна до помелу. Очищення і підготовка зерна до помелу включає:

- очищення зернової маси від сторонніх домішок;
- очищення поверхні зерна; гідротермічну обробку зерна для поліпшення його технологічних властивостей;
- контроль побічних продуктів і відходів;

Очищення зернової маси від сторонніх домішок починається із виділення з неї грубих домішок (колосків, стеблин тощо) сходом циліндричного сита Очищене від грубих домішок зерно надходить у сито-повітряні сепаратори, на яких вилучають крупні, дрібні і легкі домішки.

Очищену від домішок крупну фракцію зерна направляють у зерноочисне відділення борошномельного заводу для підготовки її до помелу, а дрібну фракцію – на комбікормові заводи для виробництва комбікормів.

Місткість бункерів для зерна має бути такою, щоб забезпечити безперервну роботу борошномельного заводу протягом не менше 50 годин.

Вилучення мінеральних домішок здійснюється на каменевідбірниках Для вилучення коротких і довгих домішок використовують циліндричні і дискові трієри. Вилучення із зернової суміші коротких домішок (кукіль, биті зернівки) здійснюють на трієрах-кукілевідбірниках, а довгих домішок (вівсюг, овес, ячмінь) – на трієрах-вівсюговідбірниках. Використання магнітних сепараторів забезпечує вилучення металомагнітних домішок і попереджує іскроутворення.

Очищення поверхні зерна від пилу мінерального і органічного походження, мікроорганізмів, а також часткове видалення зародка, оболонок і чубка здійснюється в оббивальних машинах вертикального чи горизонтального типу.

Гідротермічна обробка зерна здійснюється одним із способів холодного чи гарячого кондиціювання. Здійснюється ця операція в машинах двох типів: у водоструминних для додавання води в

крапельному стані і водорозпилюваних для додавання води в розпиленому стані. Застосовуються комбіновані мийні машини.

Очищується поверхня зерна, відокремлюються важкі і легкі домішки, щуплі зерна, видаляються мікроорганізми. Зволоження і наступне відволожування викликає фізико-біологічні зміни в зерні, у результаті яких полегшується відокремлення від зерна за незначних втрат ендосперму.

Після завершення основного етапу кондиціювання зерна його направляють на наступний етап підготовки зерна до помелу. На цьому етапі спочатку видаляють металомагнітні домішки на магнітних сепараторах, оскільки наступна технологічна операція – *повторне очищення поверхні* зерна на оббивальних машинах. На цьому етапі замість оббивальних машин можливе застосування щіткових машин, які менше травмують зерно.

Після повторного очищення поверхні зерна наступна технологічна операція – його *стерилізація*. Стерилізація зерна проводиться для знищення прихованої зараженості зерна шкідниками. Для стерилізації зерна використовують ентолейтори РЗ-БЕЗ, які є машинами ударної дії і тому перед ними обов'язково необхідно встановлювати магнітні колонки. *Остаточне вилучення* легких домішок і битого зерна, яке пройшло через оббивальну машину та ентолейтор-стерилізатор здійснюється на повітряних або ситоповітряних сепараторах.

Технологічні операції очищення і підготовки зерна жита до сортових помелів майже аналогічні відповідним операціям очищення і підготовки зерна пшениці, але мають деякі особливості, які пов'язані з технологічними властивостями жита. Так, підготовка зерна жита до помелу проводиться тільки із застосуванням холодного кондиціювання під час зволожування зерна не вище 15,0% і відволожуванні не більше 6 год. Якщо вологість вихідної партії жита перевищує 14,0%, то така партія кондиціюванню не підлягає.

Для зниження вмісту периферійних частин зернівки в борошні, поверхню зерна жита при підготовці до помелу піддають інтенсивній обробці. Це можливе також завдяки тому, що зерно жита відрізняється високою пластичністю і тому витримує значні механічні навантаження. Після очищення від домішок на повітряно-ситовому сепараторі, каменевідбірнику і трієрах зерно піддають гідротермічній обробці способом холодного кондиціювання. У

зв'язку із високою пластичністю, зерно жита зволожують у меншій мірі, ніж зерно пшениці (не більше 14,5%) і відволожують не більше 8 год. Після чого проводять інтенсивне очищення поверхні зерна на лущильно-шліфувальних машинах. Можливе застосування оббивальних машин з абразивним циліндром на стадії очищення поверхні зерна.

Помел зерна в борошно. Помел зерна – це технологічний процес виробництва борошна, сукупність взаємопов'язаних в певній послідовності процесів і операцій обробки зерна для перетворення його у борошно заданого виходу і асортименту.

Для виробництва борошна різного асортименту і якості застосовують різні види помелів.

Вид помелу – це помел, який здійснюється за різними технологічними схемами і характеризується нормованим виходом борошна певного асортименту і якості. Кожен вид помелу характеризується структурою (будовою), а також включає характеристику і режим систем і етапів, які складають даний помел.

Сукупність етапів складає загальний технологічний процес виробництва борошна

Прості помели використовують метод простого подрібнення, за якого всі анатомічні частини зернівки руйнуються з максимальним виходом борошна на кожному проході крізь подрібнювальну машину.

Складні помели використовують метод вибіркового подрібнення, під час якого виділяється ендосперм у найбільш чистому вигляді з подальшим його подрібненням в борошно.

В основу класифікації помелів покладені наступні ознаки: метод подрібнення (простий або вибірковий), обробка зернових продуктів (послідовна або послідовно–паралельна), наявність і розвиненість процесу збагачення проміжних продуктів. Використовуючи дану класифікацію, можна розподілити існуючі помели таким чином: *до простих помелів* з послідовним подрібненням зернових продуктів можна віднести оббивні помели пшениці і жита; до простих помелів з послідовно-паралельним подрібненням – односортний 87% помел жита (обдирний помел); *до складних помелів* без збагачення проміжних продуктів – односортний 63% та двосортовий 80% помели жита; до складних помелів із скороченим процесом збагачення проміжних продуктів – односортний

85%-ний і двосортові: 75%-ний і 78%-ний помели пшениці за скороченою структурою; до складних помелів з розвинутим етапом (процесом) збагачення проміжних продуктів – одно, дво- і трисортві помели пшениці з виходом борошна 75% і 78%. Особливе місце у класифікації займають *макаронні помели*, які істотно відрізняються від розглянутих хлібопекарських помелів. Ці помели мають найбільш розвинутий процес збагачення проміжних продуктів на ситовійних і шліфувальних системах.

Однією з задач помелу є одержання борошна з однорідним гранулометричним складом. З однієї і тієї ж партії зерна під час помелу вдається одержувати різні сорти борошна, що відрізняються хімічним складом, харчовою цінністю, органолептичними і технологічними властивостями.

Для виробництва оббивного борошна помел використовують для подрібнення усіх анатомічних часток зерна до частин однакового розміру.

Під час виробництва сортового борошна значному подрібненню підлягає лише ендосперм, а зародок, оболонки і алейроновий шар відділяють у вигляді висівок.

Разові помели застосовують лише для подрібнення зерна, яке призначається для годівлі сільськогосподарських тварин.

На сучасних млинах борошно отримують шляхом багаторазового і поступового подрібнення зерна на вальцевих верстатах з подальшим просіюванням отриманих продуктів.

Принципова схема складних хлібопекарських помелів пшениці із розвиненим технологічним процесом включає сім процесів:

- дертьовий процес;
- сортування проміжних продуктів;
- вимельний процес;
- збагачення проміжних продуктів на ситовійних системах;
- шліфувальний процес;
- розмелювальний процес;
- контроль борошна.

Дертьовий процес забезпечує максимальне одержання проміжних продуктів подрібнення у вигляді крупок і дунстів, а також вимелювання оболонкових продуктів та отримання висівок. Головна задача дертьового процесу полягає у зніманні оболонок і отриманні крупок. Подрібнення зерна здійснюють на вальцевому верстаті. Для цього на вальцьевих верстатах з проміжком 0,5–1,5 мм між вальцями

зерно подрібнюється кілька разів. Кожну пару "вальцевий верстат-розсійник" називають системою. Для одержання крупок використовують 4–10 таких систем залежно від виду помелу.

Робочим органом вальцевого верстата за дертьового є чавунні вальці, які мають стальне покриття. Вальці обертаються назустріч один одному з різними швидкостями, які відносяться як 1:1,5; 1:2; 1:2,5 і ін. Відстань між вальцями змінюється залежно від стану помелу. На першій системі, на яку надходить ціле зерно, вона максимальна, потім поступово зменшується. Поверхня вальців має рифлі, глибина яких від першої до наступних систем також зменшується.

Через те, що вальці у дертьових системах обертаються з різною швидкістю, зерно між вальцями не розплющується, а ніби розгортається навколо своєї осі, з зерна сколюється оболонка, а утворення дрібних часток мінімальне.

Валці розмельних систем не мають рифлів і обертаються з однаковою швидкістю. На цих системах проводять подрібнення часток ендосперму до розміру часток борошна.

Після кожного подрібнення крупку сортують на розсійниках на крупні (більше 1000 мкм) і дрібні (350–1000 мкм) крупки, дунсти (170–350 мкм) і борошно (менше 175 мкм).

Сортування проміжних продуктів призначене для розділення отриманих на етапі первинного подрібнення зерна проміжних продуктів на однорідні за крупністю фракції у вигляді середньої, дрібної крупки, дунстів та борошна. Отимані на етапі сортування однорідні фракції проміжних продуктів направляють на системи збагачення або тонкого подрібнення продуктів відповідної якості, а борошно – на контроль.

Вимельний процес забезпечує максимальне вилучення ендосперму (у вигляді борошна) від висівкових частинок за мінімального їх подрібнення.

Збагачення проміжних продуктів на ситовійних системах забезпечує збагачення крупних, середніх і дрібних крупок з усіх етапів і систем першої та другої якості. Його застосовують для покращення якості проміжних продуктів. Збагачення крупок, тобто відокремлення добротних крупок від крупок з оболонками, здійснюється частково на розсійниках, круповійках і так званих шліфувальних системах.

Крупки, які отримані з різних систем, у тому числі шліфувальних, можуть різнитися за кількістю ендосперму. Якщо крупки отримані з центральних часток ендосперму, то вони мають низьку зольність.

Якщо ж крупки отримані з периферійних часток зерна, то вони мають частки алейронового шару, що підвищує їх зольність. Тому крупки сортують за якістю на "строкаті" і "білі".

Цей процес здійснюється за допомогою ситовіялок. Ситовіялки розподіляють "строкаті" і добротні "білі" крупки за ознакою поведінки частинок у псевдозрідженому стані. В результаті розшарування різних за властивостями крупок через отвори сит проходять в основному частинки ендосперму, а частинки з оболонками йдуть сходом. Повітря, що надходить знизу до сит, полегшує процес самосортування. Легкі і дрібні частинки відводяться повітряним потоком на фільтрування.

На ситовійних машинах крупки і дунсти сортують за розміром і щільністю. Продукт, що сортують, подається на похилі сита, які здійснюють зворотньо-поступальні рухи, знизу сит подається повітря, у потоці якого утримуються більш легкі менш якісні крупки, а важкі крупки з чистого ендосперму проходять через сита.

Шліфувальний процес застосовують для покращення якості крупної крупки, яка відноситься тільки до продуктів першої якості, а також середньої і дрібної крупок як першої так і другої якості, що складаються із ростків. Крупні і дрібні крупки поряд з ендоспермом можуть мати і деяку кількість оболонок, для вилучення яких використовують спеціальні вальцеві верстати. Цей процес обробки проміжних продуктів називають шліфувальним, що здійснюється на шліфувальних системах "вальцевий верстат – розсійник", які відрізняються від дертьових меншими міжвальцевими проміжками та відповідними розмірами отворів решіток на розсійниках.

Розмелювальний процес призначений для перетворення збагачених крупок і дунстів у борошно, а також ретельного вимелювання оболонкових продуктів. На стадії розмелювального процесу отримані крупки подрібнюють до розмірів, що відповідають вимогам розміру часток борошна залежно від виду помелу. Крупки, які розділені ситовійними машинами з урахуванням їх якості, направляють на вальцеві верстати шліфувальних або розмелювальних систем. Але за один пропуск через вальцевий верстат увесь продукт, що надходить, не може бути подрібнений до розміру часток, які відповідають борошну. Тому розмельний процес ведуть на кількох системах.

Розмелювання крупок здійснюють на розмелювальних системах, в яких використовуються вальці з гладкою шліфованою поверхнею та сита з розмірами отворів, відповідними розмірам частинок борошна.

На перших розмельних системах переробляють крупки з найменшою кількістю оболонок і отримують борошно вищої якості. На наступних системах ведуть помел часток, які не подрібнені на перших розмельних системах, і продуктів, які мають оболонки, таким чином отримують борошно I та II ґатунків.

Вимелювання висівок здійснюють на бичових та щіткових машинах, в яких відокремлення частинок ендосперму від висівок залежить від проміжку між щітками (бичами) та ситовою поверхнею.

Прості багаторазові помели застосовують для отримання житнього або пшеничного оббивного борошна. Вихід борошна до маси зерна, що надходить на переробку, для житнього борошна – 95%, для пшеничного – 96%, висівки відповідно складають 2 і 1%.

Борошно оббивне отримують за одночасної роботи тривальцевих верстатів. Особливістю схеми оббивного помелу є наявність бичових машин, на яких продукт після вальцевого верстата додатково подрібнюється, після чого на розсів надходить тільки 50% від загальної кількості продукту, що в цілому підвищує ефективність виробництва.

Складні повторювальні помели можуть складатися з одночасної роботи чотирьох-п'яти дертьових систем і 10-11 розмельних систем. На них отримують різні сорти борошна.

Формування сортів борошна здійснюють дозуванням окремих потоків на усіх етапах утворення борошна за зольністю (вищий сорт – 0,5%, перший – 0,75, другий – 1,25%).

Контроль борошна, що утворюється на різних етапах розмелювального відділення, здійснюють на розсійниках за сортами. Контроль борошна призначений для відокремлення сторонніх частинок, які могли потрапити в борошно під час порушення роботи обладнання.

2.7.2. Машинно-апаратурна схема виготовлення борошна

Лінія починається з комплексу обладнання для підготовки зерна до розмелювання, до складу якого входять силоси, пристрої для регулювання, транспортування, формування і зберігання помольних партій зерна; машини та апарати для вилучення домішок, що відрізняються від зерна геометричними розмірами, формою, щільністю, магнітними та іншими властивостями; машини та

апарати для гідротермічного і механічного оброблення зерна; пристрої для дозування та контролю якості зерна.

До складу лінії входять 4–5 комплексів обладнання для утворення крупи (драних комплексів), кожен з яких містить магнітні сепаратори, вальцеві верстати, розмелювальні і ситовійні машини. В технологічному процесі від першого до останнього комплексу крупність оброблюваних частинок зменшується. Дрібні фракції продуктів подрібнення піддають вимелюванню в бичевих і щіткових машинах. Провідними є 9–12 розмелювальних комплексів обладнання, які включають магнітні сепаратори, вальцеві верстати, деташери (або ентолейтори).

Перший, другий і третій комплекси в технологічному процесі призначені для отримання борошна вищого гатунку. У комплексах з четвертого по шостий отримують борошно вищого і першого сорту. Наступні комплекси обладнання забезпечують отримання борошна першого і другого сортів. Завершальний комплекс включає обладнання для вагового дозування і змішування групових потоків (компонентів сортів борошна), ємності для зберігання готової продукції: вагові, вибійні пристрої та фасувальні машини. На рисунку 2.16 наведено один з варіантів машинно-апаратурної схеми лінії борошномельного виробництва для сортового помелу.

Попередньо очищене зерно подають з елеватора на борошномельний завод ланцюговими конвеєрами 1 і завантажують в силоси 2. Силоси обладнані датчиками верхнього та нижнього рівнів, які зв'язані з центральним пультом управління. Зерно з кожного силосу випускається через труби, забезпечені електропневматичними регуляторами потоку зерна 3. За допомогою регуляторів і гвинтового конвеєра 4 відповідно до заданої рецептури і продуктивності формують помольні партії зерна.

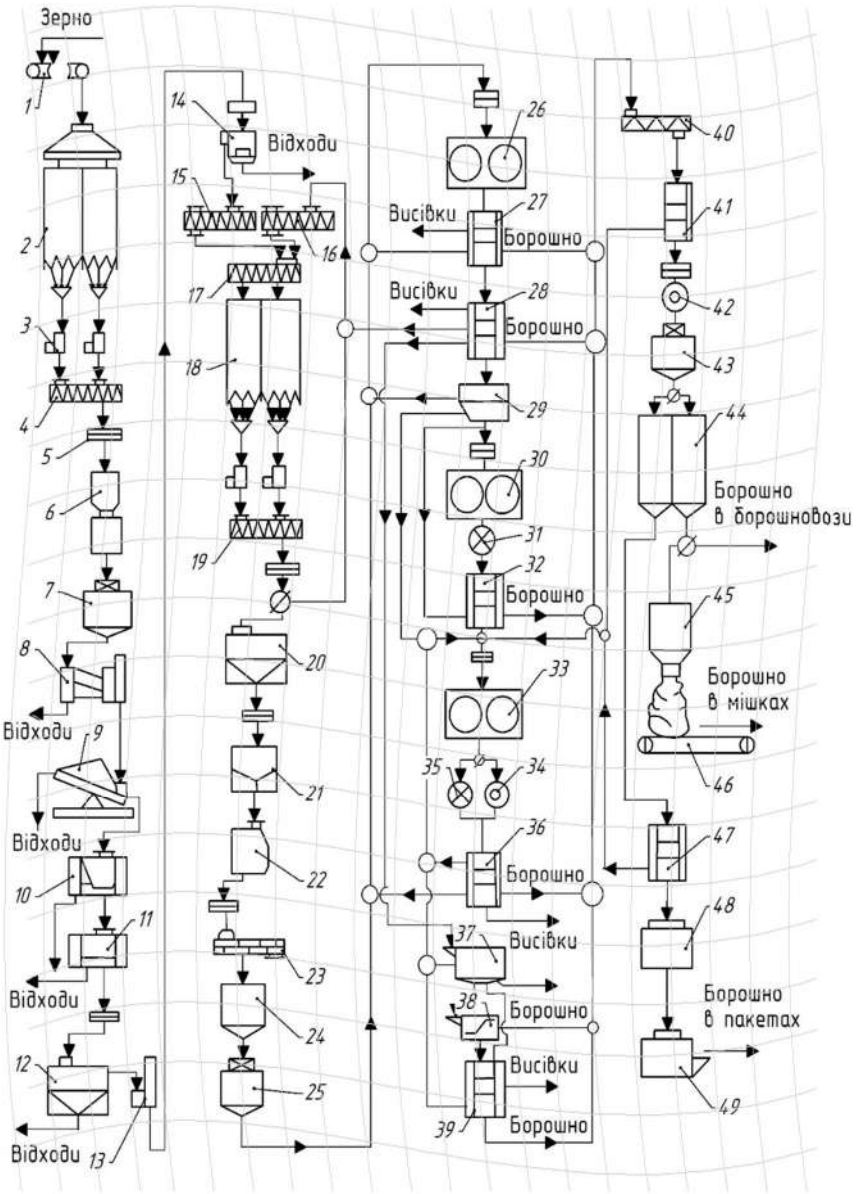


Рисунок 2.16. Машинно-апаратурна схема борошномельного виробництва

Позначення на рисунку 2.16: 1 – ланцюговий конвеєр; 2 – силос; 3 – електропневматичний регулятор потоку зерна; 4 – гвинтовий конвеєр; 5 – магнітний сепаратор; 6 – підігрівач; 7 – автоматичний дозатор; 8 – зерноочисний сепаратор; 9 – каменевіддільна машина; 10 – триєр кукелевідбірник; 11 – триєр вівсюговідбірник; 12,20 – оббивальна машина; 13 – повітряний сепаратор; 14 – машина мокрого лущення; 15,17 – гвинтові конвеєри; 16 – зволожувальний конвеєр; 18 – силос; 19 – гвинтовий конвеєр; 21 – ентолейтор; 22 – повітряний сепаратор; 23 – зволожувальний апарат; 24 – бункер; 25 – автоматичний ваговий дозатор; 26 – вальцевий верстат; 27 – розсів дертьовий; 28 – розсів сортувальний; 29 – ситовійна машина; 30,33 – вальцевий верстат; 31,35 – деташер, 32,36,39,41 – розсів; 34,42 – ентолейтор; 37 – бичава вимелювальна машина; 38 – центрифугал; 40 – гвинтовий конвеєр; 43 – ваговий дозатор; 44 – силос; 45 – ваговий пристрій; 46 – конвеєр; 47 – розсів; 48 – фасувальні машини; 49 – пакувальна машина.

Кожен потік зерна проходить магнітні сепаратори 5, підігрівач зерна (в холодну пору року) і ваговий автоматичний дозатор 7. Далі зерно піддається багатьом стадіям очищенню від домішок. У зерноочисному сепараторі 8 відокремлюють великі, дрібні і легкі домішки. У каменевідділювальній машині 9 відокремлюють мінеральні домішки. Потім зерно очищається в дискових трієрах-куколевідбірниках 10 і овсюговідбірниках 11, а також в магнітному сепараторі. Зовнішню поверхню зерна очищають у вертикальній оббивальній машині 12, а за допомогою повітряного сепаратора 13 відокремлюють домішки, які відрізняються аеродинамічними властивостями. Далі зерно через магнітний сепаратор потрапляє в машину мокрого лущення 14 і після гідрооброблення системою гвинтових конвеєрів 15 і 17 зерно розподіляється по силосах 18 для відволоження. Силоси обладнані датчиками рівня зерна, які пов'язані з центральним пунктом управління. Система розподілу зерна по силосах для відлежування забезпечує необхідні режими відволожування різною тривалістю і розподіленням потоків залежно від скловидності і початкової вологості зерна. Після основного зволоження і відволоження передбачено можливість повторення цих операцій через зволожувальний 16 і гвинтовий конвеєр 17. Після відволоження зерно через регулятор витрати, гвинтовий конвеєр 19 і магнітний сепаратор надходить в оббивальну машину 20 для оброблення поверхні зерна. Із оббивальної машини зерно через

магнітний сепаратор потрапляє в ентолейтор-стерилізатор 21, через повітряний сепаратор 22 для відокремлення легких домішок.

Далі через магнітний сепаратор зерно подають в зволожувальний апарат 23 і бункер 24 для короткочасного зволожування. Потім зерно зважують на автоматичному ваговому дозаторі 25 і через магнітний сепаратор направляють на подрібнення в першу дертьову систему.

У кожну дертьову систему входять вальцеві верстати 26, розсіви дертьових систем 27, розсіви сортувальні 28 і ситовійні машини 29. Сортування продуктів подрібнення дертьових систем здійснюють послідовно в два етапи з отриманням на першому етапі крупної і частково середньої крупок, а на другому – середньої і дрібних крупок, дунстів і борошна. У ситовійних машинах 29 збагачують крупку і дунсти I, II і III дертьових систем і крупку шліфувального процесу.

Обробленню в шліфувальних вальцевих верстатах 30 піддають велику і середню крупку I, II і III дертьових систем після її збагачення в ситовійних машинах 29. Верхні сходи з сит розсівів III і IV драних систем направляють в бичеві вимелювальні машини 37, прохід останніх обробляють в центрифугалах 38. В розмельному процесі застосовують двоетапне подрібнення. Після вальцевих верстатів 30 і 33 встановлені деташери 31 і 35 для руйнування конгломератів проміжних продуктів подрібнення зерна і ентолейтори 34 для стерилізації цих продуктів шляхом ударних впливів. У розсівах 32 , 36 і 39 з продуктів подрібнення висівають борошно, яке надходить в гвинтовий конвеєр 40. З нього борошно подають у розсіви 41 на контрольне просіювання, для забезпечення відокремлення сторонніх часток і необхідну крупність помелу. Борошно через магнітний сепаратор і ентолейтори 42 і ваговий дозатор 43 розподіляють в функціональні силоси 44. З них забезпечується безтарний відпуск готової продукції автомобільним і залізничним транспортом або за допомогою вагового пристрою 45 борошно фасують у мішки, які конвеєром 46 також передають на транспорт для відвантаження на підприємства-споживачі борошна. Перед пакуванням в споживчу тару борошно попередньо просівають на розсівах 47, пакують в паперові пакети на фасувальній машині 48. Пакети з борошном групують в блоки, які загортають в полімерну плівку на машині для групового пакування 49. Отримані блоки з пакетів з борошном передають на транспортування в торгову мережу

2.8. Технологічна лінія виробництва пастеризованого молока

2.8.1. Технологічні схеми перероблення молока

До основних продуктів харчування відносять хлібобулочні вироби, м'ясо- і молокопродукти. При цьому молоко і молокопродукти займають свою важливу нішу. Білки та жири молока, лактоза займають провідні місця за біологічною цінністю серед аналогічних складових інших продуктів.

Сировиною для молокопереробної промисловості є молоко свійських тварин – корів, кіз, овець тощо.

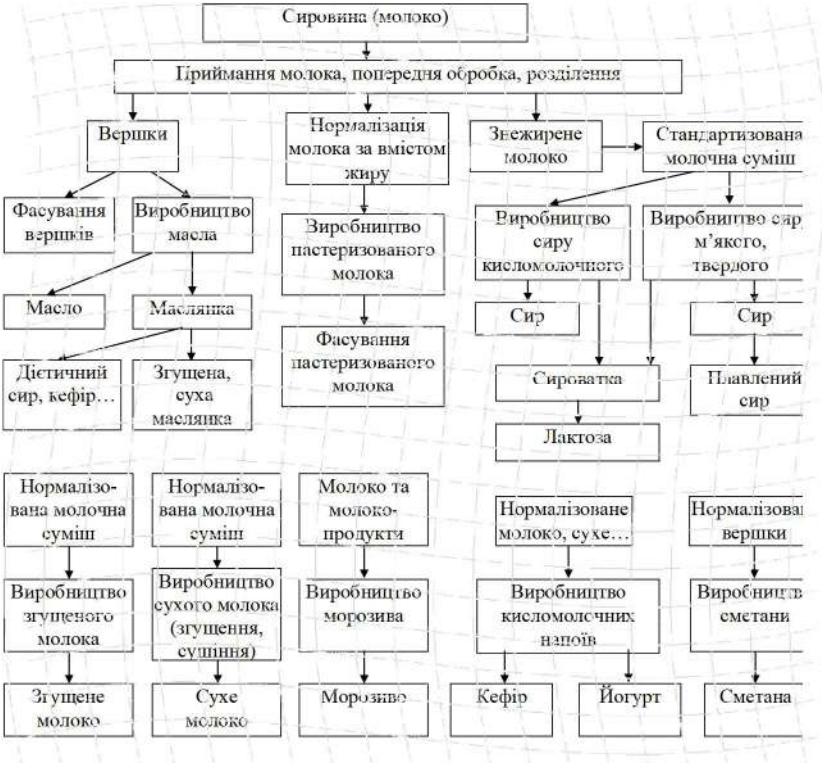


Рисунок 2.17. Схема переробки молока та отримання продуктів з нього

В Україні відомо широкий спектр молочних продуктів, які відрізняються один від одного складом, харчовою і біологічною цінністю, а також технологією виробництва.

Значна частина молока, яке поступає на промислову переробку, використовується для виробництва цільномолочної продукції. Поширеним продуктом, який не вимагає значної обробки є пастеризоване молоко (оброблене за температури 65–99 °С), яке розрізняється за тепловою обробкою, хімічним складом, наявністю наповнювачів.

Одними з важливих серед молокопродуктів є кисломолочні продукти.

Кисломолочні продукти бувають двох різновидів: продукти кисломолочного бродіння – простокваші всіх видів; кисломолочні напої і продукти змішаного кисломолочного та спиртового бродіння – кумис, кефір, айран. Перші відрізняються щільним згустком, а другі – більш гострим смаком, ніжним згустком, який містить вуглекислий газ.

Йогурт – традиційний молочний продукт народів Балканського півострову та Середнього Сходу. Серед молочних продуктів особливе місце займають сири. За зовнішніми ознаками їх можна поділити на чотири групи. Першу групу складають тверді сири. Всі тверді сири є сичужними і характеризуються щільною або твердою консистенцією. До другої групи відносяться м'які сири, які мають м'яку консистенцію. За характером згортання м'які сири можуть бути сичужними або кисломолочними. Третю групу складають розсільні сири, особливістю яких є підвищена масова доля солі у продукті, оскільки звичайно тривалий період дозрівання сири знаходяться у розсолі. Четверта група представлена горшочними та бурдючними сирами, які в промисловості не виробляються.

Масло вершкове є молочним продуктом, який виробляється шляхом збивання свіжого або кислого молока, вершків, або перетворенням високожирних вершків.

Згущене молоко є концентрованим продуктом, який одержують зі свіжого молока і вершків шляхом згущення та консервування цукром або стерилізацією. Його можна безпосередньо вживати в їжу, або використовувати для приготування десертних страв. Також застосовують для виробництва морозива, глазурованих сирків, хлібобулочних та кондитерських виробів.

До наступного виду молочних консервів відносяться сухі молочні продукти, серед яких чільне місце займає сухе молоко, яке є сухим порошком білого кольору з світлим кремовим відтінком. Воно виготовляється з пастеризованого молока шляхом згущення та висушування. Відновлюють сухе молоко розчиненням його у теплій воді.

Асортимент сухих молочних продуктів дуже різноманітний.

Морозиво – це солодкий харчовий продукт, заморожений та збитий.

Основним видом цільномолочної продукції є незбиране молоко з масовою часткою жиру не менше 3,2%, але випускається також молоко з підвищеною і зниженою масовою часткою жиру – 6,0; 4,0; 3,5; 2,5; 1,0%. Промисловістю частіше випускається молоко в наступному асортименті: молоко цільне, нормалізоване, містить 3,2% жиру; молоко відновлене – 3,2% жиру (вироблене повністю або частково із сухого молока); молоко, що містить 6% жиру, отримане з додаванням вершків і наступною гомогенізацією (подрібнення жирових кульок); молоко топлене, містить 6% жиру, гомогенізоване, яке тривалий час знаходилося при високій температурі; молоко білкове, 1 або 2,5% жиру з підвищеним вмістом сухих знежирених речовин в результаті додавання сухого або згущеного молока; молоко вітамінізоване, збагачене вітаміном С; молоко знежирене, отримане в результаті сепарування цільного молока.

Одними з головних операцій у технологічній схемі виробництва пастеризованого молока є теплові процеси (охолодження, нагрівання, пастеризація).

Під час виробництва цільного пастеризованого молока здійснюють його очищення, нормалізацію, гомогенізацію, пастеризацію та фасування.

Виробництво пастеризованого молока включає в себе наступні стадії:

– приймання молока та оцінку його якості;
– очищення молока, охолодження і резервування;
– нормалізацію за вмістом жиру;
– підігрівання і гомогенізацію;
– пастеризацію молока;
– охолодження;
– фасування в споживчу або транспортну тару;
– зберігання і транспортування готової продукції.

Схема виробництва пастеризованого молока наведена на рисунку 2.18.

Рисунок 2.18. Схема виробництва пастеризованого молока

Приймання молока здійснюється на приймальних станціях, які забезпечують перекачування сировини в цистерни і її облік. На цьому етапі проводиться контроль якості молока, яке поступило на виробництво.

Прийняте молоко проходить первинну обробку, в процесі якої воно спочатку очищається від механічних домішок на фільтрах або сепараторах-молокоочисниках, а потім охолоджується до 4–6 °С на пластинчастих охолоджувачах.

В залежності від параметрів початкової сировини і виду готової продукції проводять нормалізацію молока. За допомогою нормалізації доводять до вимог стандарту вміст в молоці жиру або сухих речовин. Залежно від жирності початкової сировини і виду вироблюваного молока для нормалізації за вмістом жиру

використовують знежирене молоко або вершки, за вмістом сухих речовин – сухе знежирене молоко. Як правило, доводиться зменшувати жирність молока.

Нормалізацію молока проводять двома способами: в потоці або шляхом змішування. Для нормалізації в потоці використовують сепаратори-нормалізатори, в яких безперервна нормалізація молока поєднується з очищенням його від механічних домішок.

Підігрівання і гомогенізація. Для запобігання відділення жиру і утворення в упаковках вершкової пробки під час виробництва молока пряженого, відновленого і з підвищеною масовою часткою жиру (3,5–6,0%) нормалізоване молоко підігрівають до 40–45 °С і очищають на відцентрових сепараторах-молокоочисниках та обов'язково гомогенізують в гомогенізаторах за температури 45–63 °С і тиску 12,5–15 МПа.

Пастерізація. Потім молоко пастеризують і охолоджують до 4–6 °С на пластинчастих пастеризаційно-охолоджувальних установках. В залежності від прийнятої на підприємстві схеми, пастеризація може бути: тривалою (за температури 65 °С (±2 °С) з витримуванням 30 хв.); короткочасною (за температури 76 °С (±2 °С) з витримуванням 15–20 с.); миттєвою (за температури 88 °С (±2 °С) без витримування); високотемпературною (за температури 97 °С (±2 °С) без витримування).

Охолодження і фасування. Молоко охолоджують і направляють на фасування в споживчу тару, або в резервуари на тимчасове зберігання.

Пастеризоване молоко випускають в паперових пакетах, пакетах з полімерної плівки, а також пластикових і скляних пляшках. Фасування молока в дрібну упаковку проводиться на автоматичних лініях, які складаються з декількох машин, з'єднаних між собою конвеєрами.

Все ширшого використання для фасування пастеризованого молока набула тара разового споживання – поліетиленові і паперові пакети. Вона легка, компактна, виключає складний процес миття, гігієнічна, зручна для споживача і транспортування, не вимагає великих виробничих площ, трудових і енергетичних витрат.

Також використовуються лінії з фасування молока в пластикові і скляні пляшки. Заповнення молоком за рівнем здійснюється за допомогою фасувальних машин карусельного типу, закриття пляшок

ковпачками проводиться на укупорювальній машині. Потім пляшки автоматично укладаються в ящики.

2.8.2. Машино-апаратурна схема виробництва пастеризованого молока

Машино-апаратурна схема виробництва пастеризованого молока наведена на рисунку 2.20. Спочатку оцінюється якість молока і проводиться його приймання, в процесі якого молоко перекачується відцентровими насосами 1 з автомолцистерн. Для визначення кількості молока на заводах використовують пристрої для вимірювання маси – ваги і об'єму – лічильники-витратоміри 2. Маса прийнятого молока може встановлюватися також за рахунок використання ємностей 3 із тензометричним пристроєм або шляхом використання тарованих ємностей.

Після очищення від механічних домішок молоко охолоджується до 4–6 °С на пластинчастих охолоджувачах 4 і насосами 1 по трубах через зрівняльний бачок 5 направляється в місткості для зберігання 3. Молоко з температурою не вище 10 °С допускається приймати без охолодження. Охолоджене молоко зберігається в ємностях 3 і нормалізується.

Перед надходженням в сепаратор-нормалізатор молоко попередньо нагрівається до 40–45 °С в секції рекуперації пластинчастої пастеризаційно-охолоджувальної установки 6.

На підприємствах невеликої потужності молоко зазвичай нормалізують змішуванням в резервуарах 3. Для цього до певної кількості незбираного молока під час ретельного перемішування додають потрібну кількість знежиреного молока або вершків, розраховану за матеріальним балансом. Під час виробництва білкового молока використовують сухе молоко, яке попередньо розчиняють в місткості 11.

Нормалізоване молоко підігрівають і очищають на відцентрових сепараторах-молокоочисниках 7 та гомогенізують в гомогенизаторах 8. Після цього молоко пастеризують і охолоджують до 4–6 °С на пластинчастих пастеризаційно-охолоджувальних установках 6.

Під час виробництва топленого молока нагрівання здійснюють за температури 95–99 °С в трубчастих або пластинчастих пастеризаторах 10. Витримування при цій температурі або процес топления молока проводять у закритих ємностях 3 протягом 3–4

годин. Після топления молоко охолоджують в пластинчастих пастеризаційно-охолоджувальних установках до температури 4–6 °С.

Потім молоко за температури 4–6 °С надходить у проміжну місткість 9, з якої направляється на фасування. Перед фасуванням готовий продукт перевіряють на відповідність вимогам стандарту.

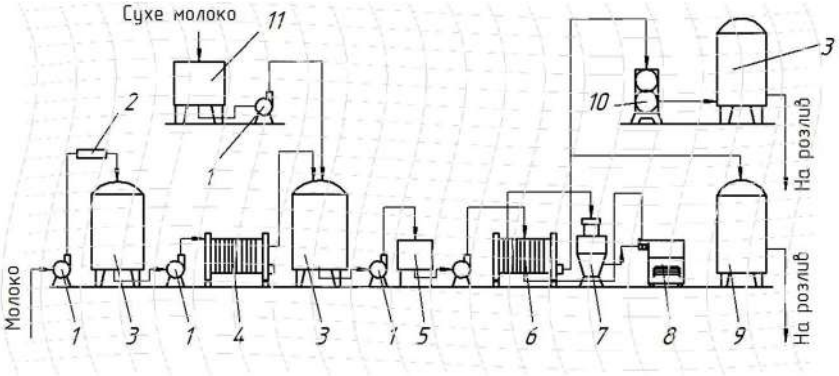


Рисунок 2.20. Машинно-апаратурна схема лінії виробництва пастеризованого молока:

1 – відцентровий насос; 2 – лічильник-витратомір; 3 – місткість; 4 – пластинчастий охолоджувач; 5 – зрівняльний бачок; 6 – пластинчаста пастеризаційно-охолоджувальна установка; 7 – сепаратор-молокоочисник; 8 – гомогенізатор; 9 – місткість; 10 – пастеризатор; 11 – місткість для розчинення сухого молока

2.9. Технологічна лінія виробництва шоколаду

Шоколад – твердий кондитерський виріб, основу якого складають цукор і какао продукти (какао терте і какао-масло), з високою енергетичною здатністю.

Види шоколаду.

Чорний шоколад – у ньому міститься від 30% до 75% тертого какао. Виробляють чорний шоколад за температури 31,1–32,7 °С. Містить у 2–5 разів більше теоброміну ніж молочний шоколад.

Молочний шоколад – в цьому сорті менше какао-бобів і більше цукру, ніж у чорному, а також він містить молоко або молочний порошок. Виробляють молочний шоколад за температури 28,9–30,5 °С.

Білий шоколад – переважно складається з какао-масла, сухого молока і цукру. На відміну від інших сортів шоколаду, білий шоколад не містить шоколадного лікеру або какао-порошку.

Десертний шоколад – виробляють із чорного, молочного або білого шоколаду із додаванням наповнювачів, таких як горіхи, сухофрукти, різноманітні лікерні та фруктові начинки, крім того десертний шоколад піддається більш тривалій механічній обробці..

Пористий шоколад – буває чорним, молочним або білим. Шоколадну масу розливають у форми на ¾ об'єму, поміщають в вакуум-котли і витримують в рідкому стані (за температури 40°С) протягом 4 год. У вакуумі завдяки розширенню пухирців повітря утворюється пориста структура плитки.

Діабетичний шоколад – призначений для хворих на цукровий діабет. Замість цукру використовуються підсолоджувачі, такі як: стевія, фруктоза, сорбіт, ксиліт, маніт.

2.9.1. Стадії виробництва шоколаду

Технологічна схема виробництва шоколаду (рисунок 2.21) включає наступні стадії:

- сортування какао-бобів;
- термічне оброблення какао-бобів;
- подрібнення какао-бобів;
- подрібнення какао-крупки;
- темперування і зберігання какао тертого;
- пресування какао тертого: отримання макухи і какао-масла;

- зберігання какао-масла;
- приготування шоколадної маси;;
- подрібнення шоколадної маси
- розведення шоколадної маси какао-маслом;
- гомогенізація шоколадної маси;
- коншування шоколадної маси;
- зберігання шоколадної маси;
- темперування шоколаду;
- формування шоколадних плиток;
- пакування та маркування.

Технологічний процес виробництва шоколаду починається із переробки какао-бобів.

Сортування какао-бобів. Сортування какао-бобів проводиться з метою очищення какао-бобів від сторонніх домішок і відокремлення пошкоджених надломлених зерен. Очищення і сортування бобів здійснюють на очищувально-сортувальних машинах з аспіраційними і ситовими пристроями. В очищувально-сортувальних машинах какао-боби щітковими пристроями або струменем повітря очищуються від зайвих домішок, які збираються в циклонах. Очищені боби надходять до системи сит із отворами різних розмірів, на яких спочатку відокремлюються спарені боби, великі, поламані, невиповнені і подрібнені. Очищені і розсортовані какао-боби виводять із машини транспортерами.

Сортування какао-бобів, відокремлення їх від пилу та сторонніх домішок проводять в окремих, ізольованих від основного виробництва приміщеннях.

Термічне оброблення какао-бобів. Термічне оброблення какао-бобів – одна з основних операцій, що впливає на якість шоколадних виробів, у процесі якого в них проходить ряд фізико-хімічних змін, в результаті яких істотно змінюються склад і властивості какао-бобів. Її проводять по-різному в залежності від властивостей кожної партії какао-бобів (їх сорту, якості ферментації, вологості, розмірів), а також від того, для якої мети вони призначені. Наприклад: високоякісні боби з тонким характерним ароматом, обробляють в більш м'якому режимі, щоб не втратити цінних ароматичних речовин, а боби, недостатньо ферментовані, піддають

термічній обробці в більш жорсткому режимі (за більш високихтемператур). Боби, призначені для виготовлення какао-порошку, обробляють за вищих температур, ніж для шоколаду.

Термічне оброблення какао-бобів на сучасних підприємствах здійснюється в апаратах безперервної дії повітрям, нагрітим до температури 130–170 °С протягом 23–50 хв., температура какао-бобів не повинна перевищувати 120 °С. Після термічного оброблення какао-боби якнайшвидше охолоджують до температури близько 30 °С і подають на наступну операцію.

Перспективним способом обсмажування какао-бобів є радіаційний спосіб нагрівання (інфрачервоне випромінювання). За такої обробки відбувається проникнення теплових променів всередину продукту, що сприяє більш рівномірному розподілу температури по всьому об'єму. Це дозволяє інтенсифікувати процес обсмажування, поліпшити технологічні властивості і якість какао-бобів.

Подрібнення какао-бобів. Після термічного оброблення і охолодження какао-боби подають у подрібнювально-сортувальну машину, на якій здійснюється подрібнення бобів, розподіл отриманої крупки за розмірами та відокремлення какао-велли.

Основними робочими органами машини є подрібнювальний механізм, ситова рама із зворотно-поступальним рухом, вентилятор, магніти і шнек. Подрібнювальний механізм виконано у вигляді двох рифлених валків або двох дисків з рифленою поверхнею, ситова рама складається з набору сит з чарунками розмірами від 0,75 до 8 мм.

Какао-боби норією подаються до подрібнювального механізму, перед яким встановлено магніти, боби подрібнюються, утворюється суміш крупки ядра, частинок какао-велли і паростків. Суміш надходить до сита розподіляється за розмірами, за допомогою повітряної сепарації від крупки відділяється какао-велла. Не-подрібнені какао-боби сходять з сита і шнеком подаються на повторне подрібнення. В результаті подрібнення важливо отримати чисту крупку з вмістом какао-велли не більше 1,5%. Вихід крупки становить 81–83% по відношенню до несортованих какао-бобів.

Отриману крупку із сирих, підсушених і мало обсмажених какао-бобів піддають термічному обробленню.

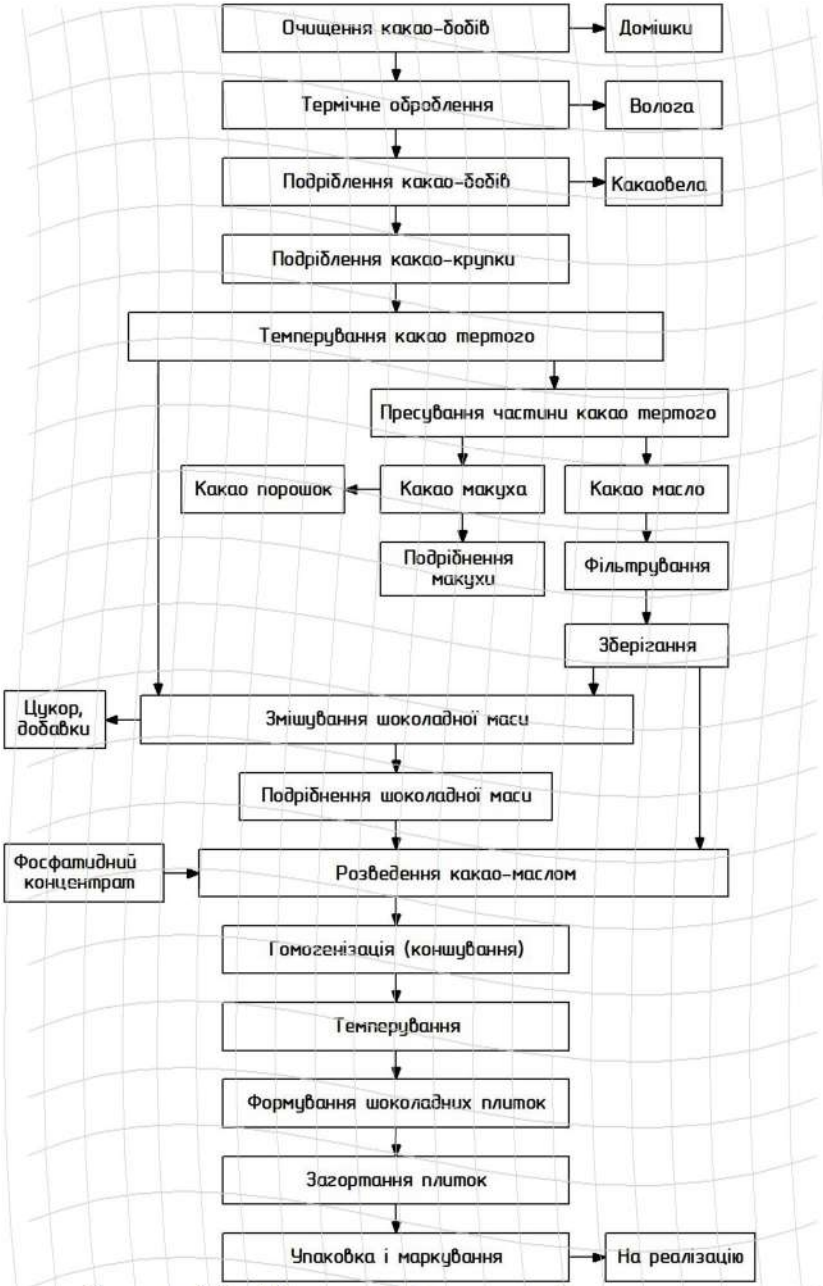


Рисунок 2.21. Принципова схема виробництва шоколаду

Подрібнення какао-крупки. Під час подрібнення какао-крупки руйнується клітинна тканина, що полегшує звільнення із клітин какао-масла. В результаті цього утворюється напівфабрикат – какао терте, яке в розігрітому стані (вище 35–40 °С) – суспензія, що складається з двох фаз: рідкої – какао-масла і твердої – дрібніших частинок клітинної тканини какао-бобів.

Какао терте – суспензія компонентів різної щільності, здатної до розшарування. Під час зберігання в рідкому стані верхні шари збагачуються жиром, а нижні – твердими частинками. Цей процес іде інтенсивніше, якщо какао терте містить більш великі частки. З підвищенням ступеня подрібнення здатність до розшаровування зменшується. Щоб запобігти розшаруванню, какао терте зберігають у ємностях з обігрівом, обладнаних мішалками. Какао терте твердіє за температури близько 20 °С.

Процес подрібнення какао-крупки здійснюється в машинах різних типів: вальцевих, штифтових, кулькових та комбінованих. У процесі подрібнення какао-крупки, в результаті інтенсивного тертя какао терте розігрівається і перетворюється на легкоплинну масу, яка легко транспортується насосами. Після подрібнення вологість какао тертого становить 2–2,5%, дисперсність твердої фази – 90–95% частин розміром менше 30 мкм.

Темперування і зберігання какао тертого. Какао терте зберігають у темперувальних збірниках місткістю від 2 до 10 тон, які оснащені мішалками, сорочками для обігрівання та пристроями контролю та регулювання температури. В цих збірниках какао терте нагрівають і зберігають за безперервного перемішування для попередження розшарування. Збірники вивантажують за допомогою встановленого насосу.

Какао терте використовують для приготування шоколадної маси і для одержання какао-масла, яке є другим основним компонентом шоколадного виробництва.

Наступні дві операції відносяться до стадії – отримання какао-масла.

Пресування какао тертого. Какао-масло отримують пресуванням какао тертого. Процес пресування здійснюється на гідравлічних пресах: вертикальних напівавтоматичних шести чашкових або горизонтальних автоматичних дванадцяти чашкових.

Процес пресування проходить за температури какао тертого і какао масла близько 100 ºС і тиску до 4,5–5,5 МПа. Цикл пресування – від 15 до 40 хв., залежно від залишків жиру в макусі, яка використовується для одержання какао-порошку товарного і виробничого.

Отримання какао-порошку. Макуха какао, отримана після пресування, в гарячому стані транспортером подається на грубе подрібнення в макуходробарку, охолоджується і подається в проміжні бункери для зберігання.

Подрібнення макухи какао в порошкоподібний стан проводиться на різних видах розтиральних пристроях, де здійснюються такі технологічні операції: подрібнення макухи, охолодження порошкоподібного продукту, відокремлення дрібних фракцій і повернення грубих фракцій на повторне подрібнення. Для цього використовують установки двох типів: із ситовими пристроями для розподілу продукту за розмірами та з повітряною сепарацією. Шматочки макухи з температурою 35–40 °С потрапляють на подрібнення в дезінтегратор, звідки потоком повітря надходять у систему охолодження, де завдяки низькій температурі продукт миттєво охолоджується. Суміш какао-порошку і повітря, яке виходить із системи охолодження, потрапляє в сепаратор, в якому відокремлюються великі частинки, які спрямовують на повторне подрібнення. Дрібні частинки какао-порошку потоком повітря спрямовуються до циклону, де від повітря відокремлюється продукт.

Приготування шоколадної маси. Шоколадна маса – тонкоподрібнена кондитерська маса, отримана змішуванням какао тертого з какао маслом, цукром та іншими компонентами, які використовуються для виробництва шоколадних виробів.

Основними компонентами шоколадної маси є какао терте, какао-масло та цукрова пудра. Крім цих основних компонентів, у шоколадну масу входять різні добавки, передбачені рецептурами для різноманітності смакових і поживних властивостей шоколаду.

Цукор-пісок просіюють вібраційними ситами, а потім подрібнюють на різних типах молоткових дробарок або дезінтеграторах. Іноді цукрову пудру одержують безпосередньо на рецептурно-змішувальній станції.

Виготовлення шоколадної маси починають із дозування і змішування компонентів, передбачених рецептурою. В першу чергу надходить до змішувача какао терте, потім цукрова пудра та інші добавки, а в останню чергу завантажується масло. Основним призначенням процесу змішування є ретельне рівномірне перемішування всіх складових частин з метою одержання однорідної пластичної тістоподібної маси.

Змішують масу за температури 40–45°С, какао терте і какао-масло знаходяться в рідкому стані. Змішування здійснюється в змішувачах (міксерах, меланжерах) періодичної дії протягом 30 хв. або в змішувачах безперервної дії з механізованим завантаженням компонентів та з безперервним вивантаженням готової маси.

Подрібнення шоколадної маси. Основним призначенням процесу подрібнення шоколадної маси є подрібнення твердої фази – цукру, какао тертого, горіхів, сухого молока та ін. розтиранням до частинок необхідного розміру. Шоколадну масу подрібнюють на швидкохідних багатовалкових млинах. Валки п'ятивалкових млинів мають однакові розміри як за діаметром, так і за довжиною, але обертаються з різними швидкостями. Шоколадна маса з валка на валок передається знизу догори. Нижній, перший, валок має частоту обертання 20–30 $хв^{-1}$, а останній, п'ятий – 206 $хв^{-1}$.

У процесі подрібнення шоколадна маса із бункера потрапляє у проміжок між першим і другим валком, намащується та розподіляється по всіх поверхні валка, передається у проміжок між другим і третім валком і завдяки більшій швидкості обертання наступних валків захоплюється та розтирається, проходячи в зазорі між валками.

Розведення шоколадної маси какао-маслом. Подрібнена шоколадна маса перемішується, розводиться какао-маслом і переходить із порошкоподібного стану в рідкий.

Операцію розведення шоколадної маси проводять в машинах різної конструкції: місильні машини, коншмашини та ін. Спочатку завантажують в машину какао-масло з такого розрахунку, щоб масова частка жиру в масі стала 30–31%, потім вводять провальцьовану порошкоподібну масу та перемішують. Шоколадна маса перетворюється в пластичну тістоподібну масу, додають попередньо змішаний з какао-маслом у співвідношенні 1:1

розріджувач – фосфатний концентрат. Через 30хв. перемішування додають залишок, передбачений рецептурою какао-масла. Приготована таким чином шоколадна маса набуває рідкої консистенції, її можна перекачувати насосом.

Гомогенізація шоколадної маси. Процес гомогенізації полягає в одержанні однорідної маси, руйнування її структури, рівномірний розподіл твердих найдрібніших частинок у какао-маслі і зменшення в'язкості. Гомогенізація маси може здійснюватись на тому ж самому обладнанні, в якому проходило розведення шоколадної маси какао-маслом, в коншмашинах, в емульгаторах безперервної дії.

Коншування шоколадної маси. Шоколадну масу, призначену для приготування десертного шоколаду, піддають тривалому процесу коншування – механічному обробленню в спеціальних машинах. Крім механічних і теплових впливів під час коншування, підігріта шоколадна маса інтенсивно стикається з повітрям.

Кожне корито машини прикрите відкидною кришкою на шарнірах. Машину завантажують зверху, а розвантажують, відкачуючи масу насосом через нижній зливний отвір.

На великих підприємствах все ширше застосовують інший тип машин – ротаційні. У деяких конструкціях цих машин передбачені герметично закриті кришки з отворами, що з'єднуються з вакуум-насосом. Такий пристрій дозволяє прискорити видалення з оброблюваної шоколадної маси вологи і сприяє звільненню її від летких кислот та інших речовин. Внаслідок більш високих швидкостей, які надаються шоколадній масі, і більш енергійного її змішування з повітрям значно скорочується час, необхідний для завершення обробки шоколадної маси. Якість шоколаду в цілому значно покращується.

Зберігання шоколадної маси. Шоколадні маси всіх видів після оброблення перекачуються в місткості для зберігання, в яких температура маси постійно витримується 42–45 °С. З них шоколадну масу вибирають для подальших виробничих операцій.

Темперування шоколадної маси. Шоколад з шоколадної маси одержують відливанням у форми з наступним охолодженням, в

результаті чого шоколад у готовому вигляді має тверду, ламку, специфічну структуру, що характерна тільки для шоколаду.

Така структура утворюється за рахунок кристалізації какао-масла, яке має температуру плавлення 33–34 °С, тобто нижче температури тіла людини. Тому шоколад легко плавиться в роті.

Ефективність темперування в значній мірі обумовлена інтенсивністю перемішування шоколадної маси в тонкому шарі, маса більш рівномірно охолоджується, руйнуються конгломерати, які можуть утворитися з твердих частинок цукру і какао під час кристалізації какао-масла і надавати шоколаду грубий смак. Крім того, під час перемішування утворюються центри кристалізації, які рівномірно розподіляються по всій масі.

На темперування шоколадна маса має надходити вже частково охолодженою до температури 40–45 °С. Власне процес темперування шоколадної маси полягає в порівняно швидкому охолодженні її від температури 40–45 до 33 °С, а потім поступового повільного охолодження до 30±1 °С, яке супроводжується ретельним перемішуванням. Темперування молочної шоколадної маси проводять за трохи зниженої температури (27–28 °С).

Темперування шоколадної маси здійснюється в автоматичних темперувальних машинах безперервної дії. До одержання необхідної температури машина працює за замкненим циклом, після досягнення потрібної температури шоколадна маса подається на формування. Перед формуванням шоколадна маса повинна бути профільтрована через спеціальні фільтрувальні пристрої.

Формування шоколаду. Плитковий шоколад без начинки формують на агрегатах безперервної дії, які складаються з ряду сполучених машин, які працюють синхронно.

Процес здійснюється в такій послідовності. Відтемперована шоколадна маса із темперувальної машини потрапляє у лійку відливальної машини, із якої дозується в форми. Форми закріплені на ланцюговому транспортері підігріваються та подаються до відливальної машини, заповнюються шоколадною масою, рухаються на вібротранспортері для розподілу маси по формі і надходять до охолоджувальної шафи. Процес охолодження триває 20–25 хв. За цей час відбувається кристалізація какао-масла і затвердіння шоколадної маси. На виході із охолоджувальної шафи форми перевертаються, плитки випадають на транспортер і подаються на загортання.

Формування пористого шоколаду доповнюється операцією оброблення шоколадної маси під вакуумом після розподілу її по формі з одночасним незначним охолодженням.

Під час формування шоколаду з начинкою шоколадна маса заливається у форми, які подаються на вібротранспортер, потім перевертаються, частина маси з них витікає, потім форми знову перевертаються і потрапляють в охолоджувальну шафу. Загусла на поверхні форми шоколадна маса є формочкою, в яку заливаються дозувальними пристроями різні начинки. Форми проходять через другу шафу для охолодження начинки і потрапляють під пристрій, який заповнює форму шоколадною масою для утворення дна плитки. Після цього форми проходять через третю охолоджувальну шафу і готові плитки з начинкою виймаються із форм.

Пакування та маркування. Всі плитки шоколаду загортаються на машинах в алюмінієву фольгу та етикетку. Загорнені плитки складають в картонні футляри або ящики з гофрованого картону. Шоколад є продуктом тривалого зберігання. Шоколад без добавок має гарантійний термін зберігання 6 місяців за температури (18+3) °С, а шоколад з добавками – 3 місяці. Термін зберігання какао-порошку за цих самих умов – 6 місяців. У процесі зберігання шоколад особливо чутливий до впливу температури.

2.9.2. Машинно-апаратурна схема виробництва шоколаду

Виконання початкових стадій технологічного процесу здійснюється за допомогою комплексу обладнання для первинної переробки какао-бобів: дозатори, машини для очищення, сортування і просіювання какао-бобів, обсмажувальні апарати, подрібнювально-очищувальні машини для отримання какао-крупки, млини, місткості і системи транспортування сипких і рідких продуктів.

Комплекс обладнання для виробництва какао-масла і какао-порошку включає дозатори, гідравлічні преси, валковий млин, розмелювальний агрегат, фасувальні машини та транспортувальні пристрої.

Для приготування шоколадних мас застосовується комплекс обладнання, що містить мікромлин для цукру, установку рецептурно-змішувача, п′ятивалкові млини, конш-машини, а також

дозатори компонентів, транспортувальні пристрої і витратні місткості.

Комплекс обладнання для формування забезпечує формування шоколаду і містить темперувальну машину, відливальний агрегат, вібраційний конвеєр і охолоджувальну шафу.

Завершальні операції виробництва виконуються машинами для індивідуальної і групової упаковки шоколадних плиток.

На рисунку 2.22 показана машинно-апаратурна схема лінії виробництва плиткового шоколаду і какао-порошку.

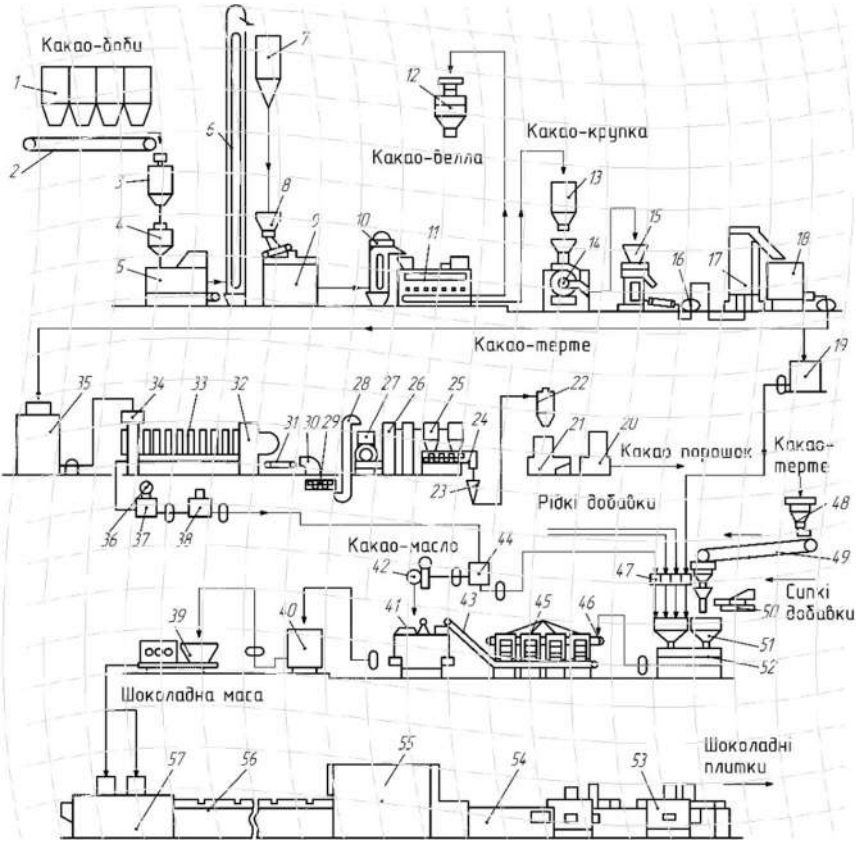


Рисунок 2.22. Машинно-апаратурна схема лінії виробництва шоколаду і какао-порошку

Позначення на рисунку 2.22:
1 – витратні бункери; 2 – конвеєр; 3 – автоматичні ваги; 4 – бункер; 5 – очищувально-сортувальна машина; 6 – норія; 7 – проміжний бункер; 8 – живильник; 9 – обсмажувальний апарат; 10 – норія; 11 -подрібнювально-очищувально-сортувальна машина; 12 – циклон; 13 – витратний бункер 14 – ударно-штифтовий млин; 15 – дисковий млин; 16 – насос; 17 – кульковий млин; 18 – темперувальний збірник; 19 – збірник; 20 – машина для обклеювання коробок в целофан; 21 – машина для пакування в картонні коробки; 22 – збірник; 23 – класифікатор; 24 – шнек; 25 – збірник; 26 – теплообмінний апарат 27 – штифтовий млин; 28 – норія; 29 – шнек; 30 – дробарка для макухи; 31 – стрічковий конвеєр; 32 – гідравлічний прес; 33 - робочі камери; 34 – дозувальна ємність; 35 – темперувальний збірник; 36 – ваги; 37 – ємність; 38 – фільтр; 39 – темперувальна машина; 40 – темперувальна ємність; 41 – ротаційна конш-машина; 42 – дозатор; 43 – конвеєр; 44 – збірник; 45 – п'ятивалковий млин; 46 – конвеєр зі сталевою стрічкою; 47 – дозатор; 48 – витратний бункер; 49 – конвеєр; 50 – дозатор сипких компонентів; 51 – живильник млина; 52 – рецептурний змішувач; 53 – загортальна машина; 54 – стрічковий живильник; 55 – охолоджувальний апарат з ланцюговим конвеєром з формами; 56 – вібратор; 57- відливальна машина.

Какао-боби вивантажують з витратних бункерів і подають конвеєром на зважування автоматичними вагами і накопичуються в бункері. Далі боби поступають в очищувально-сортувальну машину, в якій очищаються від сторонніх домішок і сортуються за розмірами.

Відсортовані какао-боби вивантажують через магнітний уловлювач і норією подають в проміжний бункер для передачі на термічну обробку. Подрібнені і здвоєні какао-боби накопичують в окремих бункерах, щоб забезпечити надалі спеціальні режими їх термічної обробки.

В обсмажувальний апарат какао-боби подаються з бункера живильником. Обсмажені какао-боби піддаються швидкому охолодженню до температури 25–30 °С.

Далі боби норією завантажуються в подрібнювально-очищувально-сортувальну машину, в якій вони подрібнюються на шматочки розміром від 0,75 до 8 мм. Подрібнена суміш складається з шматочків ядра – какао-крупки і какао-вели. Подрібнену суміш ділять на ситах на декілька фракцій для повнішого відділення крупки від какао-вели.

Крупка і какао-вела однакового розміру мають різну парусність, тому в аспіраційних каналах за допомогою повітряного потоку від

крупки відділяється какао-вела. У фракціях з дрібними розмірами крупки і какао-вели повного розділення досягти важко. Вихід какао-крупки повинен складати не менше 87% обсмажених какао-бобів.

З подрібнювально-очищувально-сортувальної машини какао-вела поступає в циклон і після відділення від повітря вивантажується в мішки і відправляється на утилізацію. Какао-крупка пневмотранспортом через магнітний сепаратор подається у витратний бункер для виробництва какао тертого.

Какао-боби містять какао-масло, білкові речовини і крохмальні зерна. Какао-крупка послідовно подрібнюється на трьох млинах: ударно-штифтовому, де піддається попередньому подрібненню, на дисковому відбувається розтирання між дисками і в кульковому – тонке подрібнення, куди грубодисперсне какао-терте нагнітається насосом. Готова терта маса збирається в темперувальний збірник, з якого може перекачуватися насосом або в збірник для отримання какао-масла і какао-порошку, або в збірник для виробництва шоколаду.

Какао терте, призначене для отримання какао-масла, зберігається в темперувальному збірнику за температури 85–90 °С не менше 8 год. В результаті багатогодинного вимішування і нагрівання вологість какао тертого знижується до 1,5%, зменшується його в'язкість і полегшується відділення какао-масла.

Із збірника какао терте насосом перекачується в дозувальну ємність, з якої по трубопроводах із зворотними клапанами какао терте поступає в робочі камери гідравлічного преса. Пресування ведуть за температури какао тертого 90–95 °С. Тривалість пресування від 15 до 20 хв. за підвищеного тиску в кінці пресування до 35 –45 МПа. Якщо процес вести дуже швидко, то масло не встигає стікати через капіляри між твердими частинками до їх закупорювання і його вихід зменшується.

З робочих камер масло видавлюється через фільтрувальні елементи і трубопроводи в ємність з вагами. Кількість масла свідчить про завершення циклу пресування. Потім какао-масло фільтрують і перекачують в збірник.

Твердий залишок, що утворюється після пресування називається какао-макухою, у вигляді дисків масою 8 – 10 кг, діаметром 450–550 мм і завтовшки 40–45 мм, кількість яких залежить від кількості робочих камер преса. У макусі залишається 10,5–17% жиру. Під час розвантаження преса диски з макухи падають на стрічковий конвеєр,

забезпечений повітряним охолодженням. Він подає диски в дробарку, в якій вони подрібнюються на шматки розміром з волоський горіх, далі шнеком і норією подаються через магнітний сепаратор в штифтовий млин. Після подрібнення виходить гарячий порошок температурою до 110 °С, який повітрям подається в теплообмінний апарат, що є трубою в трубі зі шнеком всередині. У кільцевому просторі між трубами тече розчин хлориду кальцію температурою 14 °С. У теплообміннику порошок охолоджується до 16 °С, відділяється від повітря в циклоні і шнеком подається у класифікатор, після відділення в ньому крупних частинок подається у збірник, далі для фасування в картонні коробки, які потім обклеюються целофаном і транспортуються в експедицію для упаковки в торгівельну тару і відправки споживачам.

Приготування шоколадної маси починається з формування рецептурної суміші. З темперувальних збірників рідкі компоненти (какао терте, какао-масло і ін.) насосами подаються в дозатори, рецептурного змішувача. У дозатори для сипких компонентів завантажують цукор, сухе молоко і інші. Цукор подається у вигляді заздалегідь приготовленої цукрової пудри з розмірами частинок не більше 80 мкм. Для цього цукор-пісок з витратного бункера транспортується конвеєром в живильник млина для подрібнення.

Завантаження компонентів в змішувач з одночасним їх перемішуванням виконують в такій послідовності: какао терте, цукрова пудра і всі компоненти, що підлягають подрібненню (сухе молоко, тертий горіх, кава і ін.). Розігріте какао-масло подають поступово, щоб маса мала температуру 40–45 °С, а загальний зміст жиру складав 24 – 30%. В результаті змішування отримуємо однорідну масу температурою 35–45 °С з пластичною тістоподібною консистенцією, яка безперервно поступає на конвеєр із сталевою стрічкою і за допомогою шиберів розподіляється на п´ятивалкові млини.

Кількість паралельно встановлених млинів залежить від продуктивності змішувача і може досягати семи штук. Якість шоколаду істотно залежить від ступеня подрібнення рецептурної суміші: чим менший розмір твердих частинок, тим вище якість. Розмір частинок не повинен перевищувати 35 мкм, а шоколадна маса залежно від виду шоколаду, що виробляється, має містити від 92 до 97% частинок розміром менше 20 мкм. Подрібнення маси здійснюється шляхом розтирання і роздавлювання твердих частинок

в зазорі між валками, що мають шліфовану тверду поверхню. Зв'язані валки обертаються з різними швидкостями в протилежних напрямах, ступінь подрібнення маси залежить від величини зазору між ними. Зменшення зазору сприяє кращому подрібненню, але знижується продуктивність млина.

Подрібнена маса зсипається на конвеєр із сталевою стрічкою, який направляє продукт на розведення, гомогенізацію і коншування в ротаційну конш-машину. Процеси розведення шоколадної маси какао-маслом з додаванням поверхнево-активних речовин (ПАР), гомогенізація і коншування шоколадних мас здійснюються одночасно.

Робочі органи конш-машини: три гранітні конічні ролики, що здійснюють планетарний рух по конусній гранітній внутрішній поверхні місткості, а також лопатеві мішалки і шнек піддають шоколадну масу інтенсивній механічній обробці. Тривалість вимішування встановлюють залежно від типу обладнання і виду оброблюваної маси. Наприклад, в ротаційній конш-машині маса для звичайного молочного шоколаду обробляється протягом 8 год. за температури 45–55 °С, а для отримання десертного шоколаду без додавань потрібно 24 год. перемішування за температури 55–75 °С.

В процесі коншування відбувається часткове видалення вологи і рівномірний розподіл масла між твердими частинками, які набувають округлої форми. Під час подрібнення збільшується поверхня твердих часток їх і для підтримки необхідної в'язкості шоколадної маси потрібно періодично додавати какао-масло за допомогою дозатора. Оброблена маса стає однорідною і набуває пластичної консистенції з мінімальною постійною в'язкістю.

Приготовлена шоколадна маса перекачується на зберігання в темперувальні збірники, а потім в темперувальні машини, в яких температура поступово знижується до 40–45 °С. Готову шоколадну масу перед формуванням фільтрують для видалення сторонніх домішок пропускають через металеві фільтри з діаметром отворів 2 мм, встановлені на вході в темперувальну машину.

Темперування шоколадної маси відбувається безперервно в дуже тонкому шарі за інтенсивного перемішування. Масу швидко охолоджують від 45–50 °С до 33 °С, а потім повільно знижують температуру до 30–32,5 °С (для шоколаду без додавань додаткової сировини) і витримують масу в цьому температурному інтервалі, не припиняючи інтенсивного перемішування. За такого режиму

створюються оптимальні умови для рівномірного утворення центрів кристалізації тільки стійкої β-форми масла-какао і виключається жирове посивіння шоколаду.

Відтемперована шоколадна маса подається в агрегат для формування плиткового шоколаду, що складається з відливальної машини, ланцюгового конвеєра з формами і охолоджувальної шафи. Відливальна машина має дві дозувальні головки, які за допомогою поршневих систем дозують порції шоколадної маси в жорсткі форми. Наприклад, перша по ходу технологічного процесу головка дозування налаштована на порцію маси 50 г, а друга – 100 г. Склад шоколадних мас, що подаються в головки, теж може бути різний. Продуктивність головки до 24 форм/хв., регулюється безступінчато.

Для формування шоколаду використовують переважно металеві форми. Їх виготовляють із спеціальної неіржавіючої сталі (сталиту) або маловуглецевої м'якої сталі, покритої з робочої сторони тонким шаром чистого нікелю (платинолю). Форми всередині мають блискучу, гладку, добре відшліфовану і відполіровану, абсолютно чисту робочу поверхню. Вони шарнірно закріплені на ланцюговому конвеєрі, їх можна легко зняти або поставити в місці повороту конвеєра перед головкою дозування. Для виготовлення шоколадних плиток різної маси форми встановлюють на конвеєрі через ряд для кожного виду виробів.

Під час формування відтемперована шоколадна маса дозувальними головками заливається у форми, заздалегідь підігріті до температури 30–32 °С. Заповнені форми подаються в зону вібраційної обробки. Їх переміщають ланцюговим конвеєром по поверхні постійних магнітів, що здійснює вібраційні коливання по вертикалі з частотою 33 Гц. Вібрація приводить до руйнування внутрішньої структури шоколадної маси, зниження граничного напруження зсуву і в'язкості. Шоколадна маса добре заповнює всі заглиблення форми, дрібні пухирці повітря, що містяться в масі, видаляються з її об'єму. Завдяки вібраційній обробці форм протягом 3–5хв. шоколад набуває темного кольору і блискучої поверхні.

Форми з шоколадною масою піддаються швидкому охолодженню в шафі протягом 19 хв. за температури 6–10 °С. Чим нижче температура в охолоджувальній камері, тим дрібніші кристали какао-масла стійкої β-форми, а їх розподіл в масі рівномірніший. За низької температури повітря виріб має блискучу

дзеркальну поверхню крихкої структури, має ніжний смак і однорідну структуру в зламі.

Після закінчення кристалізації форми перевертають на 180 °С, під дією вібрації шоколадні плитки випадають з форм на пластинчастий конвеєр, а порожні форми повертаються ланцюговим конвеєром до відливальної машини. У нижній частині охолоджувальної шафи знаходиться зона акліматизації, в якій шоколадні плитки, розміщені на пластинчастому конвеєрі, витримуються за температури 11–15 °С.

Шоколадні плитки вивантажуються чотирма стрічковими живильниками і передаються до загортальної машини. Загортання плиткового шоколаду проводиться в алюмінієву фольгу, парафінований або підпергаментний папір та барвисту етикетку. Фольга і папір оберігають шоколад від зволоження, від цукрового посивіння, а також від втрати аромату. Готовий шоколад крихкий, у зв'язку з чим передбачена додаткова упаковка загорнених плиток в картонні футляри масою 2–2,5 кг Футляри упаковують у фанерні, картонні коробки, які закриваються, забиваються цвяхами або заклеюються.

2.10. Технологічна лінія виробництва цукру

Цукор – практично чиста цукроза ($C_{12}H_{22}O_{11}$), солодкого смаку, легко і повністю засвоюється організмом, сприяє швидкому відновленню витраченої енергії. Цукроза – це дисахарид, який під дією кислоти або ферменту розщеплюється на глюкозу і фруктозу (інвертний цукор). Цукроза може перебувати в двох станах: кристалічному і аморфному. За хімічною природою цукор є слабкою багатоосновною кислотою, що дає сполуки з оксидами лужних і лужноземельних металів – сахарат.

Основними видами сировини для виробництва цукру є цукровий буряк і цукрова тростина.

2.10.1. Стадії виробництва цукру з цукрових буряків

Метою цукрового виробництва є вилучення цукру з цукрових буряків. На цукрових заводах діє типова схема отримання цукру-піску з цукрового буряка з безперервним вилученням цукру із бурякової стружки, пресуванням жому та поверненням жомопресової води в дифузійну установку, вапняно-вуглекислотним очищенням дифузійного соку, кристалізацією та афінацією жовтого цукру.

Процес отримання цукру-піску на цукрових заводах складається з наступних стадій:

- подавання буряків і очищення їх від домішок;
- подрібнення буряків;
- одержання дифузійного соку з бурякової стружки;
- очищення дифузійного соку;
- згущення соку випарюванням;
- варіння утфелю та отримання кристалічного цукру;
- сушіння, охолодження та зберігання цукру-піску.

Принципова схема отримання цукру-піску з цукрового буряка наведена на рисунку 2.23.

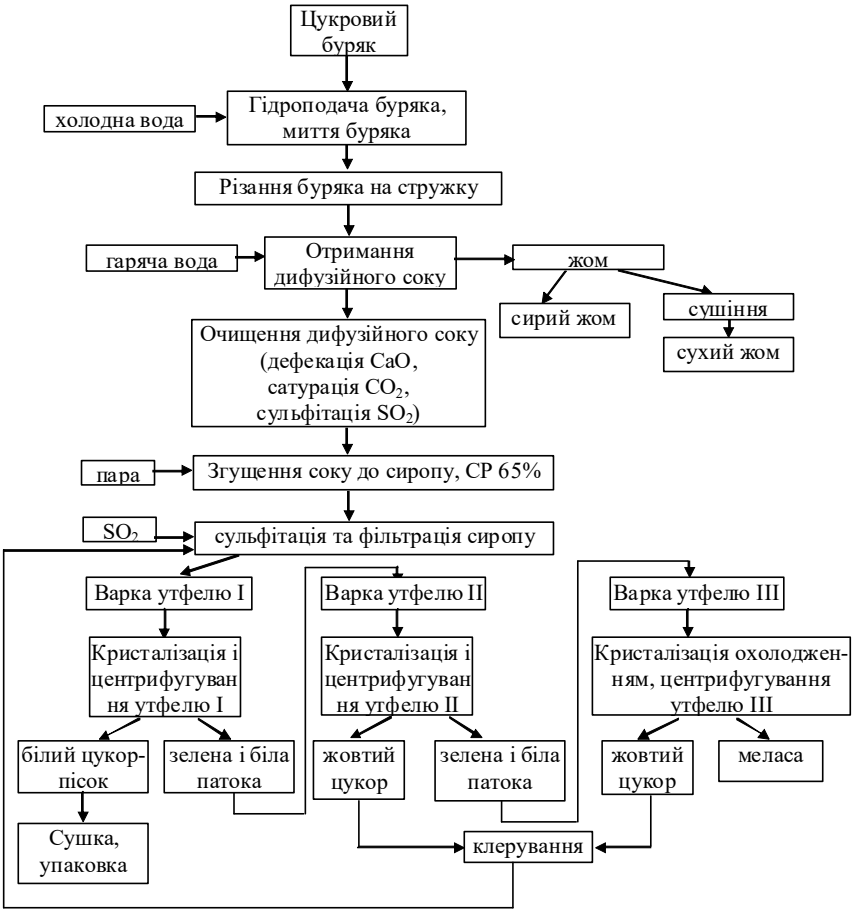


Рисунок 2.23. Принципова схема отримання цукру-піску з цукрового буряка

Подавання буряків і очищення їх від домішок. Цукровий буряк з кагатного поля, де відбувається тривале зберігання сировини, гідравлічним похилим транспортером подається в заводське приміщення. На гідротранспортері є камене- і соломовловлювачі для відділення великих важких і легких домішок. В машинах для миття буряк миють, відділяють домішки, що залишилися (кількість землі під час ручного збирання буряка становить 3–5%, а під час механізованого збирання комбайнами – 8–10%). Кількість води, яка

подається на миття буряків, залежить від ступеня їх забруднення, конструкції обладнання і в середньому становить 60–100% до маси буряків. У стічні води гідравлічного конвеєра і машини для миття потрапляють відламані хвостики буряків, невеликі шматочки і дрібні коренеплоди (всього 1–3% до маси буряків), тому з води, яку використовували для транспортування і миття буряків, відділяють хвостики і шматочки буряка, які після оброблення надходять на виробництво.

Подрібнення буряків. Помитий буряк подається на самий верх заводу, і в подальшому буряк і напівфабрикати, отримані з нього рухаються під дією власної ваги.

Щоб вилучити цукрозу, буряки подрібнюють на бурякорізальних мащинах на стружку і прогрівають протоплазму клітин до температури вище 60 °С.

Отримання дифузійного соку. Цукроза розчинена в клітковому сокові корнеплоду (вміст соку складає до 92%) вилучається з клітин протитечійною дифузією в похилих шнекових або колонних дифузійних апаратах. Цукор за рахунок дифузії переходить у воду, яка рухається назустріч буряковій стружці. З апарату виводиться стружка з малою концентрацією цукру (жом), а екстрагент, збагачений цукром, виводиться як дифузійний сік. З 100 кг буряка отримують приблизно 120 кг дифузійного соку.

Очищення дифузійного соку. Дифузійний сік – це темна рідина неприємного кольору і запаху, оскільки в ній міститься багато нецукрів, тому його треба очистити. Очищення соку складається з таких операцій*: фільтрація, дефекація, сатурація, сульфітація*.

Метою *дефекації* є обережним впливом вапна нейтралізувати кислотність дифузійного соку, перетворити на великі часточки значну кількість колоїдних речовин, виділити в нерозчинний осад інші нецукри дифузійного соку (в результаті коагуляції білків і забарвлюючих речовин та осадження ряду аніонів, що утворюють нерозчинні солі з іонами кальцію, які містяться у вапняковому молоці). Процес попередньої дефекації триває 3–5 хвилин. Далі для більш повного освітлення дифузійного соку і покращення його фільтрації цей сік надходить в апарат основної дефекації, в якому

обробляється надлишковою кількістю вапна. Тривалість процесу 8–10 хвилин.

Дефекований сік надходить в сатуратор, де через нього продувають газ, що містить до 30% CO_2. Мета першої *сатурації* – додаткове очищення соку шляхом адсорбції на свіжеутворених часточках $CaCO_3$ і розкладання моносахаридів кальцію. Потім половина цього соку іде в апарат попередньої дефекації, а решта підігрівається до 85–90 °С і підлягає тканинній *фільтрації.* Після фільтрації сік першої сатурації знову підігрівають (до температури 95 °С) і направляють в апарат вторинної сатурації. Тут до соку додають 0,25% CaO і проводять вторинну обробку вуглекислим газом, мета якої – подальше очищення соку. Тривалість другої сатурації – 8–10 хвилин. Потім відбувається ще одна фільтрація, але вже без підігріву, оскільки температура досить висока.

Відфільтрований сік другої сатурації подають у сульфітатор, який містить до 12% SO_2. Під час *сульфітації* відбувається відбілення, знижується в'язкість соку. Після неї легше проходять наступні операції випарювання. Тривалість сульфітації – 5 хвилин.

Згущення соку випарюванням. Очищений дифузійний сік у підігрівачах підігрівається до 125 °С і направляється у випарну установку, де відбувається згущення соку до сиропу, при цьому вміст сухих речовин у продукті збільшується з 14–16% в першому корпусі до 65–70% (згущений сироп) в останньому.

Густий сироп змішують з клеровкою жовтих цукрів (клерування – це розчинення в гарячій воді), які мають таку ж густину, але дещо вищу доброякісність. Отриману при цьому суміш – загальний сироп – знову сульфітують, підігрівають і фільтрують.

Варіння утфелю та отримання кристалічного цукру. Згідно типової трьохпродуктової схеми відбувається триразове уварювання, кристалізація і центрифугування утфелів, які являють собою суміш кристалів цукру і міжкристальної патоки. Спочатку уварюють утфель І до вмісту сухих речовин 92% (вакуум-апарати працюють із розрідженням, що знижує температуру уварювання і карамелізацію цукрів). Отриманий утфель в гарячому вигляді надходить у вертикальні центрифуги. Під дією відцентрової сили утфель розділяється на кристали, які залишаються на ситах, і патоку. Потім цукор промивають гарячою чистою водою (відбілюють).

Під час відбілювання частина цукру розчиняється, тому з центрифуги відходить відтік більш високої чистоти – другий відтік (біла патока). Другий і перший відтоки подають у вакуум-апарат другої кристалізації, де отримують утфель другої кристалізації, що містить близько 50% кристалічного цукру. Цей утфель поступово охолоджують до температури 40 °С під час перемішування в утфелемішалках-кристалізаторах. При цьому додатково викристалізовується ще деяка кількість цукру. Під час двопродуктової схемі утфель другої кристалізації направляється в центрифуги, де від кристалів цукру відокремлюється меляса, яка є відходом цукрового виробництва, тому що одержання з неї цукру методом подальшого згущення і кристалізації не рентабельно. Жовтий цукор другої кристалізації рафінують першим відтоком, отриманий утфель направляється в розподільну мішалку, а потім в центрифуги. Отриманий цукор розчиняється, і розчин надходить у лінію виробництва. У трьохпродуктовій схемі проводять отримання ще утфеля третьої кристалізації, з якого відділяють жовтий цукор, що повертається на попередні стадії виробництва.

Сушіння, **охолодження та зберігання цукру-піску.** Отриманий білий цукор висушується до потрібної вологості (0,14%), охолоджується і упаковується. Цукор пакують у мішки в кількості 50–60 кг. Доцільно ширше впроваджувати безтарні методи перевезення цукру – насипом або у рідкому вигляді для потреб підприємств інших галузей харчової промисловості.

До відходів цукрового виробництва відноситься жом (приблизно 80% від усієї маси буряка), який використовують для відгодівлі худоби; меляса (4%) – для потреб спиртової промисловості й на дріжджових заводах, та фільтраційний осад, що можна використовувати як добрива кислих і торф’яних ґрунтів.

2.10.2. Машинно-апаратурна схема виробництва цукру-піску з цукрових буряків

Лінію виробництва цукру умовно можна поділити на наступні групи: обладнання для підготовки сировини до виробництва (миття, очищення та подрібнення буряків); обладнання для отримання дифузійного соку; обладнання для очищення дифузійного соку (фільтрування, дефекація, сатурація, сульфітація); вакуум-випарні установки для уварювання соку; обладнання для варіння утфелю та

отримання кристалічного цукру; обладнання для виконання фінішних операцій.

Машинно-апаратурна схема виробництва цукру-піску з цукрових буряків наведена на рисунку 2.24.

Цукровий буряк подається на переробку з бурячного або кагатного поля. Гідравлічним конвеєром він надходить до буряконасосів і піднімається на висоту до 20 м. Подальше переміщення його для здійснення різних операцій технологічного процесу відбувається самопливом. За довжиною гідравлічного конвеєра 1 послідовно встановлені уловлювач соломи 2, каменеуловлювач 4 та водовідділювачі 5. Це технологічне обладнання призначене для відділення легких (солома, гичка) і важких (пісок, каміння) домішок, а також для відокремлення води. Для інтенсифікації процесу уловлювання соломи в поглиблення 3 подається повітря. Цукрові буряки після водовідділювачів надходять в машину для миття 6, яка призначена для остаточного очищення буряків.

Відмитий цукровий буряк зрошується чистою водою зі спеціальних пристроїв 7, піднімається елеватором 8 і надходить на конвеєр 9, де електромагніт 10 відокремлює металеві предмети, які випадково потрапили в буряк. Потім буряк зважують на вагах 11 і з бункера 12 направляють в бурякорізки 13 на подрібнення. Отримана стружка повинна бути рівною і пружною, пластинчастого або ромбовидного перерізу, товщиною 0,5–1,0 мм.

Бурякова стружка з подрібнювальних машин за допомогою стрічкового конвеєра 14, на якому встановлені ваги, подається в дифузійну установку 15. Жом відводиться з дифузійних апаратів конвеєром 16 в цех для пресування, сушіння та брикетування.

Отриманий дифузійний сік пропускається через фільтр 17, підігрівається в теплообміннику 18 і направляється в апарати попередньої та основної дефекації 19, де він очищується з допомогою розчину вапна, який вводиться в сік за допомогою дозувальних пристроїв.

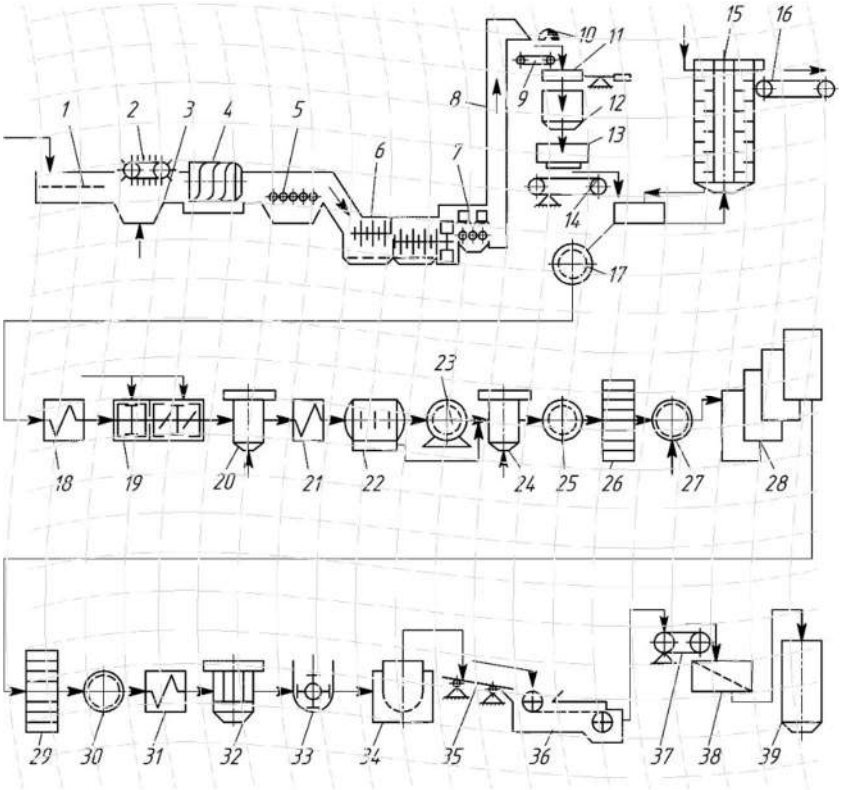


Рисунок 2.24. Машинно-апаратурна схема виробництва цукру-піску з цукрових буряків:

1 – гідравлічний конвеєр; 2 – соломогичковловлювач; 3 – поглиблення для подавання повітря; 4 – каменевловлювач; 5 – водовідділювач; 6 – машина для миття; 7 – душовий пристрій; 8 – норія; 9 – конвеєр; 10 – електромагніт; 11 – ваги; 12 – бункер; 13 – бурякорізка; 14 – стрічковий конвеєр з вагами; 15 – дифузійна установка; 16 – конвеєр для жому; 17 – фільтр; 18 – підігрівач; 19 – апарати попередньої і основної дефекації; 20 – апарат першої сатурації; 21 – підігрівач; 22 – відстійник; 23 – вакуум-фільтри; 24 – апарати другої сатурації; 25 – фільтр; 26 – апарат сульфітації; 27 – станція фільтрації; 28 – вакуум-випарна установка; 29 – сульфітатор; 30 – станція фільтрації; 31 – підігрівач сиропу; 32 – вакуум-апарати; 33 – мішалка; 34 – центрифуги; 35 – вібраційний конвеєр; 36 – сушильно-охолоджувальна установка; 37 – стрічковий конвеєр з вагами; 38 – вібросито; 39 – силоси

Сік після дефекації подається в апарат першої сатурації 20, де він додатково очищується шляхом адсорбції розчинних нецукрів і особливо забарвлюючих речовин на поверхні часточок дрібного осаду $CaCO_3$, який утворюється під час пропускання двоокису вуглецю через сік дефекції. Сік першої сатурації подається через підігрівач 21 у відстійник 22, де він поділяється на фракції – освітлену (80% усього соку) і згущену суспензію, що надходить до вакуум-фільтрів 23.

Відфільтрований сік першої сатурації направляється в апарат другої сатурації 24, де з нього відділяється вапно у вигляді $CaCO_3$.

Сік другої сатурації подається на фільтри 25. Соки цукрового виробництва фільтруються декілька разів. Залежно від мети фільтрування користуються різними схемами процесу і фільтрувальним обладнанням.

Відфільтрований сік з фільтра 25 подається в апарат сульфітації 26. Мета сульфітації – зменшення кольоровості соку шляхом оброблення його двоокисом сірки, який отримують під час спалюванні сірки.

Сульфітований сік направляють на станцію фільтрів 27, а потім транспортують через підігрівачі в перший корпус випарної установки 28, яка забезпечує послідовне згущення очищеного в сатураторі соку до концентрації густого сиропу. Гріюча пара до випарної установки надходить тільки в перший корпус, а наступні корпуси обігріваються вторинною парою попереднього корпусу.

Отриманий сироп направляють у сульфітатор 29, а потім на станцію фільтрації 30. Відфільтрований сироп підігрівається в підігрівачі 31, звідки надходить у вакуум-апарати першого продукту 32. Сироп у вакуум-апаратах уварюється до перенасичення, цукор виділяється у вигляді кристалів. Після уварювання отримують утфель, який містить приблизно 7,5% води і 55% кристалізованого цукру.

Отримання цукру може здійснюватися шляхом отримання утфелю I, II, III, або утфелю I і II. За останньою схемою утфель першої кристалізації з вакуум-апаратів надходить до приймальників утфелемішалки 33, звідки його направляють у розподілювальну мішалку, а потім у центрифуги 34, де під дією відцентрової сили кристали цукру відокремлюються від міжкристалічної рідини (перший відтік).

Щоб отримати з центрифуги білий цукор, його кристали промивають невеликою кількістю гарячої води – відбілюють. Білий цукор, який вивантажується з центрифуг 34, має температуру 70 °С і вологість 0,5% під час відбілювання парою або вологість 1,5% під час відбілювання водою. Він потрапляє на віброконвеєр 35 і транспортується в сушильно-охолоджувальну установку 36. Після сушіння цукор-пісок надходить на ваговий стрічковий конвеєр 37 і далі на вібросито 38. Грудочки цукру відділяються, розчиняються і повертаються в продуктовий цех. Товарний цукор-пісок надходить в силосні башти 39 (склади тривалого зберігання).

2.11. Технологічна лінія виробництва олії

Рослинні жири й олії (частіше просто олія) – ліпідні матеріали, отримані з рослин. Фізично олії є рідкими за кімнатної температури, а жири є твердими. Хімічно, як жири так і олії складаються з тригліцеридів.

Слід зазначити, що термін «Жир» є більш загальним і застосовується частіше, а термін «олія» вказує на те, що рослинний жир перебуває в рідкому стані. Технічні рослинні жири використовують у виробництві пластичних мас, лінолеуму, клейончастих матеріалів, виготовленні охолоджувальних рідин, технологічних мастил, мийних засобів, лаків і фарб. Харчові рослинні жири (олію) використовують безпосередньо в їжу, у хлібопеченні, кондитерському виробництві.

Підприємства олієжирової галузі умовно поділяються на декілька категорій. До першої категорії належать підприємства, що виробляють олію: олієжирові та олієекстракційні комбінати. До другої категорії належать дрібні виробники олії в компаніях, для яких виробництво олії – не основний вид діяльності. Третю категорію складають виробники олієжирової продукції – маргаринові заводи, миловарні комбінати, тощо.

У результаті переробки насіння олійних культур отримують продукти первинної переробки (олію та шрот), продукти більш глибокої переробки (майонез, маргарин, мило, жири кондитерські, оліфи) та крихту кісточкову, отриману після переробки плодових кісточок, соняшникове борошно та білкові кислоти.

Серед основної продукції виділяють: олія соняшникова (різних сортів та видів); олія соєва (різних сортів та видів); олія ріпакова (різних сортів та видів); промислової олійно-жирова продукція (оліфи); жири (різних сортів); масла (продовольчі та промислові). Допоміжна продукція – це вся продукція, що виготовляється побічно в процесі виготовлення основної. Допоміжною продукцією можуть бути: мила, шампуні, мастильні засоби та інші.

У практиці виробництва рослинних олій існують два принципово різних способи добування олії з рослинної олієвмісної сировини: механічний спосіб віджимання олії – пресування і розчинення олії в легколетких органічних розчинниках – екстракція. Ці два способи виробництва рослинних олій використовуються або самостійно, або в поєднанні.

В даний час для добування олії спочатку використовують спосіб пресування, за якого отримують 3/4 всієї олії, а потім – екстракційний спосіб, за допомогою якого добувають решту олії. Пресують олію на безперервно діючих пресах шнекового типу. Зі збільшенням тиску частинки мезги зближуються, масло віджимається, а пресований матеріал ущільнюється в монолітну масу макухи. При цьому в макусі залишається 5–8% олії (від маси макухи).

У процесі екстракції в залишку, який називають шротом, залишається не більше 0,8–1,2% олії. В якості розчинників застосовують екстракційний бензин, гексан, ацетон, дихлоретан та інші. Олія, яка знаходиться на поверхні розкритих клітин, під час омивання бензином легко розчиняється в ньому. Значна кількість олії знаходиться всередині нерозкритих клітин або всередині замкнутих порожнин (капсул).

Процес очищення олії від небажаних груп ліпідів і домішок називають рафінацією. Механічна рафінація включає різні фізичні методи: відстоювання, фільтрацію і центрифугування. Гідратація олії – оброблення водою для осадження слизових і білкових речовин. Лужною рафінацією називають оброблення олії лугом. Адсорбційна рафінація (відбілювання) – видалення і відбілення олії порошкоподібними речовинами (адсорбентами – глиною, кремнеземельними сполуками, вугіллям та ін.) Дезодорація – ліквідація запаху олії методом фракційної відгонки, заснованої на різницях в температурах кипіння тригліцеридів і ароматичних речовин.

2.11.1. Стадії технологічного процесу

Виробництво рослинної олії екстракційним способом складається з наступних стадій:

– очищення та сушіння насіння;
– вилучення чистого ядра і його подрібнення;
– пропарювання і смаження мезги;
– добування олії (пресування і екстрагування);
– очищення (рафінація) олії;
– фасування та зберігання.

Екстракційний спосіб отримання рослинної олії наведений на принциповій схемі (рисунок 2.25) та складається з наступних етапів:

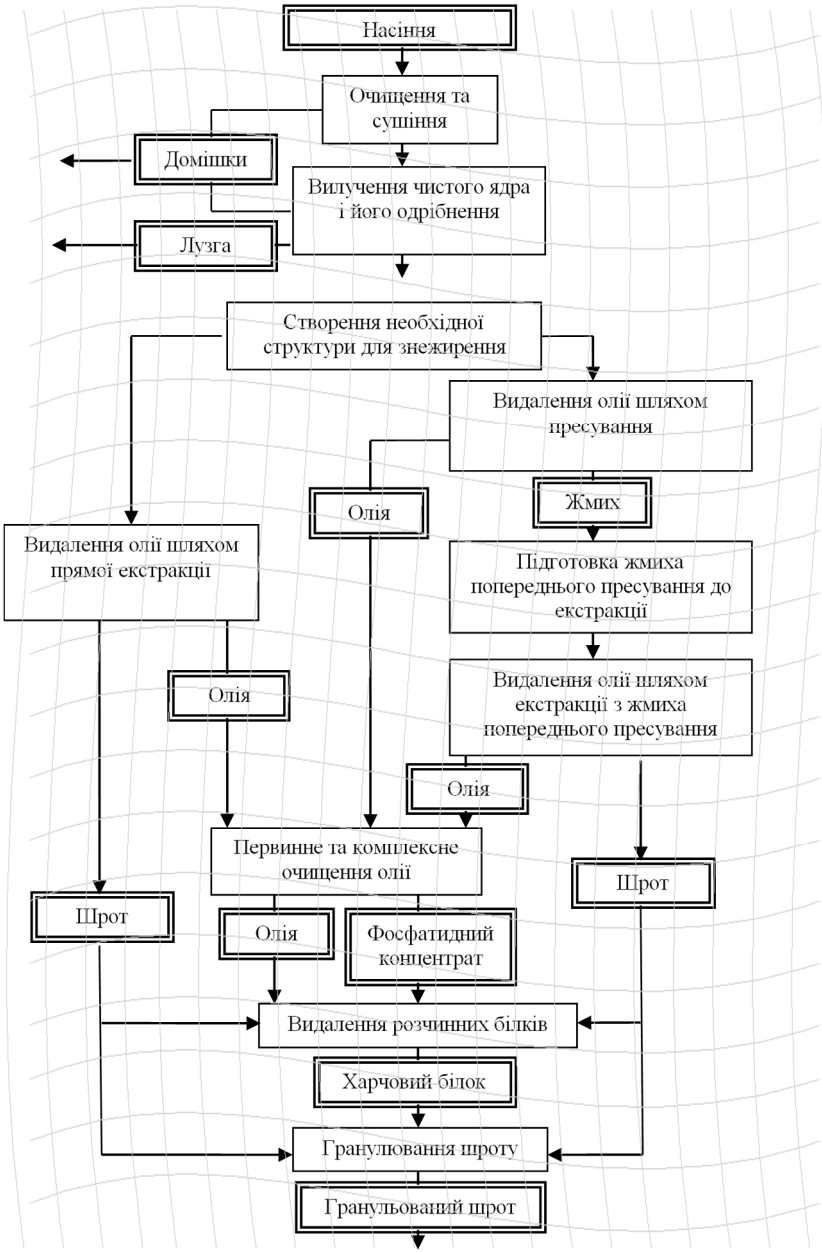


Рисунок 2.25. Принципова сема переробки олійної сировини

Очищення і сушіння насіння. На переробку зазвичай надходить неоднорідне за складом насіння олійних культур. Процес очищення ґрунтується на різниці в розмірах, формі, густині та аеродинамічних властивостях насіння й домішок. Очищають насіння за допомогою сепараторів різної конструкції з відкритим або закритим повітряним циклом.

Для збереження якості насіння олійних культур і стабілізації технологічного процесу виробництва олії, крім очищення (шеретування, відокремлення оболонок, подрібнення ядра та ін.), необхідне кондиціювання насіння за вологістю.

Найбільш розповсюдженим методом зниження вологості насіння перед його зберіганням є теплове сушіння, під час якого насіння нагрівається сушильним агентом. Іншим методом післязбиральної обробки вологого насіння є активне вентилювання. Для сушіння використовують шахтні, барабанні та газові рециркуляційні сушарки.

Вилучення чистого ядра і його подрібнення. Попереднє відокремлення оболонок від ядра сприяє підвищенню олійності сировини, що переробляється, і підвищенню продуктивності технологічного обладнання, крім того, підвищується якість олії.

За технологічною термінологією, як насіннєві, так і плодові оболонки, називають лушпинням.

Відокремлення оболонок насіння від ядра проводиться у два етапи:

- руйнують поверхневі покривні оболонки насіння (операція обрушування або шеретування);
- отриману суміш розділяють на ядро та оболонку (лушпиння) – операція відвіювання (сепарування).

Для обрушування насіння соняшнику застосовують метод удару. У всіх випадках доцільно використовувати одноразову дію робочих органів машини..

Наступним процесом є сепарування лущеного насіння для максимального відокремлення плодових і насінних оболонок від ядра за мінімальних втрат олії.

Оболонки видаляються, ядро надходить на подрібнення, а частково незруйноване і ціле насіння – на повторне шеретування.

Для видобутку олії з ядра необхідно зруйнувати структуру клітин, що досягається подрібненням. Необхідна ступінь

подрібнення досягається певними механічними зусиллями; розколюванням, розчавлюванням, розтиранням або ударом. Найчастіше це вплив декількох видів зусиль. Матеріал після подрібнення називається м'яткою, що відрізняється від початкового насіння більшою поверхнею. Для подрібнення підготовленого насіння використовують валкові машини. Ступінь подрібнення регулюється зміною відстані між валками.

Пропарювання і смаження мезги. Олія в м'ятці розподілена у вигляді тонких плівок на поверхні часточок подрібненого ядра або насіння й утримується на ній силами молекулярної взаємодії. Для зменшення сил, що зв'язують олію з поверхнею м'ятки, застосовують волого-теплову обробку (ВТО) (підсмажування). Волого-теплова обробка здійснюється у спеціальних апаратах – жаровнях. Продукт, одержаний після волого-теплової обробки, називається мезгою. В промисловості відомі два типи підсмажування – вологе й сухе.

Вологе підсмажування м'ятки складається із двох етапів:

- *зволоження* й підігрівання м'ятки (виконується в апаратах для попередньої ВТО – це інактиватори, або пропарочно-зволожувальні шнеки). Інтенсивне коротке нагрівання м'ятки до 80–85 °С із одночасним зволоженням слугує для рівномірного розподілу вологи й для активації ферментних систем насіння. Вологість м'ятки після зволоження для соняшнику й льону не більше 8–9%;
- *висушування* й нагрівання зволоженої м'ятки. Вологість мезги доводять до досягнення фізико-механічних властивостей, необхідних для роботи шнекового преса даного типу (преса, експелера, екструдера, форпреса) шляхом досягнення необхідного рівня денатурації білкових сполук у меззі. Специфічною особливістю другого періоду є сушка м'ятки в шарі висотою більше 300 мм, при цьому виникає явище самопропарювання.

Сухе підсмажування полягає у висушуванні та нагріванні м'ятки до певної температури без попереднього її нагрівання і зволоження. Сумарна дія вологи, тепла і кисню повітря під час підсмажування сприяють інактивації ферментної системи м'ятки, яка сприяє інтенсивному протіканню гідролітичних та окислювальних процесів. Тому перед сухим підсмажуванням проводять інактивацію ферментів у м'ятці в пропарювальних шнеках інтенсивним і

короткочасним нагріванням її до 80 – 85 °С з одночасним зволоженням.

Ефективність пресування (глибина віджиму олії) обумовлена параметрами готової мезги:

– температурою;
– вологістю;
– глибиною денатурації білкових сполук, що визначають фізико-механічні властивості мезги.

Добування олії (пресування і екстрагування). На сучасних заводах застосовують шнекові преси, основними робочими органами яких є шнековий вал і зеєрний циліндр. Залежно від тиску, створюваного в зеєрному просторі, на матеріал, що пресується, а також від вмісту олії, яка залишається в макусі, на олійних заводах застосовують різні типи шнекових пресів. За призначенням вони поділяються на преси для попереднього відокремлення олії (форпреси), преси глибокого, або кінцевого, відокремлення олії (експелери) та преси подвійної дії (в одному агрегаті здійснюється попереднє і кінцеве відділення олії).

Механічним способом неможливо досягти повного знежирення матеріалу, так як на поверхні макухи завжди залишається тонка плівка олії, що втримується великими поверхневими силами. Сили, що втримують олію в поверхневих плівках у багато разів перевищують тиск, що розвивають сучасні преси. Єдиний метод, що дозволяє забезпечити практично повне вилучення ліпідів (олії) з матеріалу, є екстракційний.

На олійних заводах для виділення олії екстракційним способом як розчинник використовують бензин, а в останні роки – суміш бутан-пропану, яка за нормальних умов є газоподібною.

Особливостями процесу екстракції є:

- олійність шроту на виході з екстрактора зі збільшенням вологості матеріалу значно зростає;
- матеріал низької вологості під час переміщення в екстракторі легко руйнується й утворює багато дрібних часток. Це збільшує щільність матеріалу в екстракторі та ускладнює проникність розчинника;
- вміст великої кількості дрібних часток у матеріалі завжди дає серйозні ускладнення процесу екстракції;

- гранулювання макухи забезпечує підвищення однорідності розмірів часток та більшу пористість їх в об'ємі;
- структура гранул має кращу проникність для розчинника.

Екстракційний спосіб добування олії можна застосовувати як у чистому вигляді, так і в комбінації з форпресовим способом. Прикладом екстракційного способу добування олії в чистому вигляді є пряма екстракція «Сирої м'ятки» під час переробки сої.

Для добування олії з насіння соняшнику і льону застосовують схему форпресування, тобто на першому етапі використовують преси неглибокого одержання олії.

Після форпресування макуху направляють на екстракцію для остаточного добування олії. Щоб збільшити поверхню дотику між розчинником та подрібненою сировиною (макуховою крупкою), останню плющать і дістають пластини завтовшки 0.2–0.4 мм.

Є два варіанти для добування олії екстракційном способом – настоювання і послідовне знежирювання. Під час настоювання матеріал заливають розчинником. Через деякий час олія переходить у розчинник та утворюється розчин (місцела), який потім зливають. Знежирений матеріал знову заливають чистим розчинником і так повторюють доти, поки не буде добута майже вся олія.

Очищення (рафінація) олії. Рослинна олія – складна багатокомпонентна система, в якій, крім гліцеридів, містяться механічні домішки та деякі інші речовини. Тому високу її якість можна забезпечити ретельним її очищенням. Умовно розрізняють очищення первинне і глибоке – рафінування.

За ступенем очищення та цільовим призначенням рослинна олія буває нерафінована (очищена від механічних домішок), гідратована (очищена від фосфатидів), рафінована (очищена від фосфатидів, вільних жирних кислот, барвників), рафіновано-дезодорована (рафінована олія, очищена від ароматичних та смакових речовин, пестицидів і канцерогенів).

Найпоширенішим способом очищення олії є фільтрація на спеціальних фільтрпресах. Перевагою цього способу є те, що він дає змогу відокремлювати механічні домішки, густина яких не відрізняється від густини олії. Олію фільтрують крізь спеціальну тканину або тканину з фільтрувальним папером у фільтрпресах рамного чи камерного типу.

На олійних пресових заводах продуктивністю до 200–250 т насіння за добу олію очищають переважно способом подвійної фільтрації. Після відокремлення крупних частинок на гущеуловлювачах олія надходить на першу так звану гарячу фільтрацію, яка здійснюється на рамних фільтрах. Після першої фільтрації олія охолоджується до 20–25 °С за допомогою повітряних калориферів і знову повторно фільтрується на таких самих фільтрпресах. Відфільтрована й охолоджена олія надходить у складські ємкості для зберігання.

Від фосфатидів олію очищають гідратацією. В олію вводять насичену пару або воду під час перемішування, внаслідок чого фосфатиди і білкові речовини зволожуються. Маючи гідрофільні властивості, білкові речовини під час гідратації інтенсивно вбирають воду, набухають, укрупнюються, утворюючи пластівці, які випадають в осад.

Одним з поширених способів очищення олії від жирних кислот є обробка її слабкими розчинами лугів (NaOH). Під час взаємодії жирних кислот з лугами утворюються нерозчинні в олії солі – мила, які випадають в осад у вигляді пластівців. Щоб очистити олію від барвників, застосовують так зване адсорбційне рафінування. Суть його полягає в обробці олії спеціальними відбілюючими порошками, дрібненькі часточки яких адсорбують на своїй поверхні барвники.

Неприємний запах і смак видаляються з олії дезодорацією. Для цього у спеціальних апаратах періодичної або безперервної дії крізь шар олії пропускають перегріту, дуже розріджену водяну пару, що в техніці називається дистиляцією.

2.11.2. Машинно-апаратурна схема виробництва олії

Лінія починається з комплексу обладнання для очищення і сушіння насіння, що складається з ваг, силосів, сепараторів, магнітних уловлювачів, витратних бункерів і сушарок.

Наступним йде комплекс обладнання для відділення чистого ядра і його подрібнення (дисковий млин, аспіраційна віялка і п’ятивальцевий верстат).

Основним є комплекс обладнання для пропарювання і смаження мезги, що складається з шнекових або ємкісних
жаровень.

Провідним комплексом обладнання лінії є шнековий прес і екстраційний апарат. Далі йде комплекс обладнання лінії для очищення олії, що складається з дистиляторів, відстійників, сепараторів, фільтр-пресів, нейтралізаторів і вакуум –сушильних апаратів.

Завершальним є комплекс фінішного обладнання лінії, що складається з ваг, машин пакувальної і для укладання пачок фасованої олії в ящики.

Механічний спосіб отримання соняшникової олії. Серед різних технологій отримання рослинної олії важливе місце займає механічний спосіб отримання олії. В основі механічного способу лежить пресування подрібненої маси механічним шляхом. Перевагу віддають пресуванню в шнекових пресах, а не в гідравлічних, тому, що пресування в гідравлічних пресах – це процес періодичної дії і потребує великих затрат праці.

Очищення насіння від сміттєвих домішок проводиться спеціальними машинами з урахуванням геометричних розмірів та аеродинамічних властивостей, для видалення металевих домішок використовують феромагнітне очищення за допомогою електромагнітних сепараторів різних марок.

Підсушування насіння проводять за умови якщо його вологість на рівні критичної або більша. Оптимальною вологістю насіння олійних культур перед лущенням вважається така, яка на 2% менша від критичної.

Після лущення насіння обробляється в сепараторних та пневмоочисних машинах з метою відокремлення ядра від плодових та насінних оболонок з мінімальними втратами олії. Для цього використовують аспіраційні та віяльні машини, які розділяють рушанку на фракції: ядро ціле, ядро подроблене, ціле та недолущене насіння. Останні дві фракції направляються на повторне лущення.

Наступним етапом є подрібнення ядра, яке суттєво впливає на вихід олії і продуктивність обладнання. Головне завдання цього процесу полягає у тому, щоб максимально зруйнувати клітинну структуру. Для цього насіння соняшнику кілька разів пропускають крізь вальцеві станки. На якість подрібнення значно впливає вологість ядра. Найкраще руйнування клітинної структури відбувається за його вологості 5,5–6,0%. Подрібнене ядро називається м’яткою, яку неможна довго зберігати, тому, що

ферменти ліпідів швидко розщеплюють жири, гідролізуючи їх на гліцерин та вільні жирні кислоти. Від цього погіршуються, як харчові так і технологічні властивості олії.

До пресу надходить вже просмажена м'ятка, тобто мезга, тривалість підсмажування 40–45 хвилин. Пресування проходить в шнекових пресах різного типу з виходом олії 35–40%. Олія після пресування містить тверді та колоїдні домішки, зокрема білкові речовини, фосфатиди, жиророзчинні вітаміни, які зменшують тривалість зберігання олії.

Для очищення олії використовують різні способи: відстоювання, центрифугування та фільтрування. Очищену олію зберігають в щільно закритих ємкостях, без доступу повітря, вологи та світла.

Хімічний спосіб отримання рослинної олії. В основі цього способу покладено оброблення спеціально підготовленої олійної сировини органічними розчинниками. А саме макуха з пресового цеху після попереднього видалення олії потрапляє на дробарки (дискові та молоткові), де перетворюється на крупку. В деяких схемах олійний матеріал у вигляді крупки направляється в екстрактор. Форма частинок матеріалу у вигляді листочка (пластинки матеріалу товщиною приблизно 0,4 мм) дозволяє мати в екстракторах легкопроникну розчинником масу матеріалу. Для отримання олійного матеріалу у вигляді листка крупку направляють на плющильні вальці.

Після плющильних вальців листок направляється в екстрактор. Екстрактор є основним апаратом екстракційного цеху, він призначений для видалення олії в розчинник під час протиточного контактування. В наш час в якості екстракційного розчинника використовують бензин (температура кипіння за атмосферного тиску 65–68 ºС). Розчин олії в бензині називається місцелою, а знежирений матеріал (залишкова олійність приблизно 1%) – шротом. Крім олії в шроті міститься бензин (до 40%), для видалення якого шрот, що виходить із екстрактора направляється у випарник. Шляхом подавання пари у випарнику відганяється бензин, який у вигляді пари в суміші з водяною парою потрапляє в конденсатор, а шрот після охолодження і, якщо необхідно, зволоження відправляється на склад шроту для відвантаження в якості цінного кормового продукту.

Місцела, яка виходить з екстрактора, також обробляється з метою розділення на олію та бензин. В деяких екстракторах (вертикальному шнековому) місцела виносить деяку кількість дрібної і твердої фази, яка відфільтровується до подавання на розділення шляхом дистиляції.

Як правило дистиляція (теплова відгонка бензину від олії) проводиться в дві стадії. На стадії проміжної дистиляції під дією тепла, підведеного з парою, відбувається нагрівання місцели до кипіння та випаровування бензину. Пари бензину виходять з апарату на конденсацію, а місцела потрапляє в кінцевий дистилятор, де і проходить повне видалення бензину з олії. Кінцева дистиляція проводиться як правило, з застосуванням вакууму, та подавання «гострої» пари. Суміш парів бензину та водяної пари виходить з кінцевого дистилятора на конденсацію, а отримана в кінцевому дистиляторі олія виводиться з нього, охолоджується, зважується та направляється в олієсховище.

2.11.3. Машинно-апаратурна схема виробництва олії хімічним способом

Машинно-апаратурна схема виробництва олії хімічним способом зображена на рисунку 2.26.

Насіння соняшнику, попередньо зважене на вагах 1 подається на короткочасне зберігання в силос 2. Насіння може містити велику кількість домішок, тому його двічі очищають на дво – і триситових сепараторах 3 і 4, а також на магнітних вловлювачах 5. Домішки рослинного походження, відокремлені на сепараторах, збирають і використовують у комбікормовому виробництві.

Очищене від домішок насіння зважують на вагах 6 і подають у витратний бункер 7, звідки вони транспортуються в шахтну сушарку 8, що складається з декількох зон. Спочатку насіння сушать, а потім охолоджують. У процесі теплового оброблення їх вологість зменшується від 9–15 до 2–7%. Температура насіння під час сушіння близько 50 °С, після охолодження 35 °С. Висушене насіння проходить контроль на вагах 9, а потім направляються в силоси 2 на тривале зберігання або в проміжний бункер 10 для подальшого перероблення.

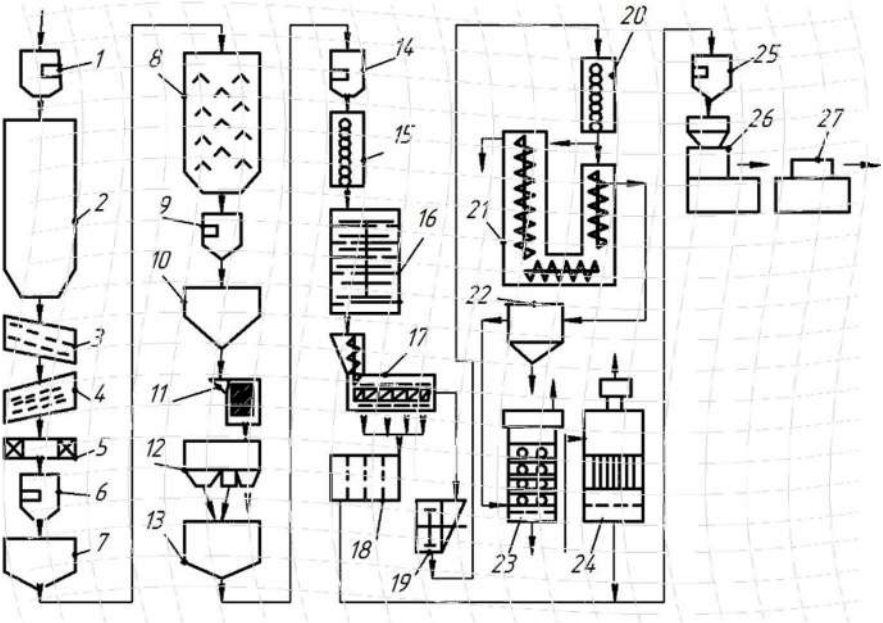


Рисунок 2.26. Машинно-апаратурна схема лінії виробництва олії хімічним способом:

1 – ваги; 2 – силос; 3 – двоситовий сепаратор; 4 – триситовий сепаратор; 5 – магнітні вловлювачі; 6 – ваги; 7 – витратний бункер; 8 – шахтна сушарка; 9 – ваги; 10 – проміжний бункер; 11 – дисковий млин; 12 – повітряно-ситові сортувальні машини; 13 – проміжний бункер; 14 – ваги; 15 – пятивальцевий верстат; 16 – жаровня; 17 – шнековий прес; 18 – фільтр-прес; 19 – молоткова дробарка; 20 – вальцевий верстат; 21 – екстрактор; 22 – відстійник; 23 – попередній дистилятор; 24 – кінцевий дистилятор; 25 – ваги; 26, 27 – пакувальні машини.

Подальше перероблення насіння полягає в максимальному відділенні оболонки від ядра. Цей процес передбачає дві самостійні операції: лущення насіння і власне відділення оболонки від ядра (сепарування). Насіння лущиться на дисковому млині 11, куди вони надходять з проміжного бункера 10. Одержане після млина насіння, складається з частинок, різних за масою, формою і розмірами, в якому присутні цілі ядра, їх частинки, ряд різноманітних за розміром і формою частинок оболонки та ціле насіння – недоруш. Тому для відділення оболонки від ядра в основному застосовують аспіраційні

віялки – повітряно-ситові сортувальні машини 12, з якої ядро подається в проміжний бункер 13, а всі інші частини суміші обробляються для відділення цілих ядер та уламків насіння соняшнику, які разом з цілими ядрами поступають на подальшу переробку.

Після зважування на вагах 14 ядра соняшнику подрібнюються на пятивальцевому верстаті 15. Процес подрібнення може здійснюватися за один або два рази – попереднє і остаточне. Під час подрібнення відбувається руйнування клітинної структури ядер соняшнику, що необхідно для створення оптимальних умов для найбільш повного і швидкого добування олії з подальшим пресуванням або екстрагуванням.

Продукт подрібнення – мезга – з верстата 15 надходить в жаровню 16, в якій за рахунок волого-теплової обробки досягається оптимальна пластичність продукту і створюються умови для полегшення відділення олії на пресах. Під час смаження вологість мезги знижується до 5–7%, а температура підвищується до 105–115 °С.

З шнекового преса 17, в який після жаровні подається мезга, виходять два продукти: олія, що містить значну кількість частинок ядра і тому очищається у фільтр-пресі 18, і макуха, що містить 6,0–6,5% олії, яку необхідно ще відділити. Тому надалі гранули макухи піддаються подрібненню в молотковій дробарці 19 і вальцевих верстатах 20, а продукт подрібнення – екстрагуванню в екстракційному апараті 21. Апарат має дві колони, з'єднані перемичкою, в яких розташовані шнеки, що транспортують частинки макухи з правої колони в ліву. Протитечією до руху макухи перемішуються екстрагувальна речовина – бензин, що є летким розчинником. У зв'язку з тим, що бензин в суміші з повітрям спалахує за температури близько 250 °С, на екстракційних заводах температура перегрівання технологічної пари не повинна перевищувати 220 °С.

За допомогою дифузії олія добувається з розірваних клітин макухи, розчиненою в бензині. Суміш олії, бензину та деякої кількості частинок виходитьз правої колони екстрактора 21 і направляється у відстійник або патронний фільтр 22.

З лівої екстрагувальної колони апарату 21 виводиться знежирений продукт, який називається шротом. Після вилучення з нього залишків бензину шрот направляється на комбікормові

заводи.Очищений від твердих частинок розчин олії в бензині – місцелла – подається на дистиляцію. У попередньому дистиляторі 23 місцелла нагрівається до 105–115 °С, і з неї за атмосферного тиску частково відганяются пари бензину. В кінцевому дистиляторі 24, який працює під розрідженням, з місцелли видаляються залишки бензину, і очищена олія подається на ваги 25. Після вагового контролю олія подається в пакувальну машину 26, а в машині 27 пачки фасованого масла укладаються в ящики.

2.12. Технологічна лінія виробництва ковбасних виробів

2.12.1. Стадії виробництва ковбасних виробів

Серед широкого спектру м'ясних продуктів особливе місце займають ковбасні вироби, які виробляють на основі м'ясного фаршу із сіллю, спеціями та добавками, в оболонці або без неї. Ковбасні вироби підлягають тепловій обробці з доведенням до готовності.

Залежно від сировини та способу виробництва розрізняють такі види ковбасних виробів: варені (лікарська, любительська), напівкопчені (краківська, мисливські ковбаски, одеська, польська), варено-копчені (делікатесна, московська, сервелат), фаршировані, кров'яні ковбаси, сосиски та сардельки, зельці та студні, ліверні ковбаси, м'ясні хліби, паштети, дієтичні та лікувальні ковбаси.

У ковбасному виробництві уникають жирного м'яса рогатої худоби, вибираючи м'ясо маложирне, а для забезпечення необхідної жирності продукту використовують зовнішній жир свиней (шпик).

Основним видом сировини для ковбасних виробів є яловичина, яку додають як зв'язувальний компонент, забезпечуючи монолітну структуру фаршу. Кращим для ковбасних виробів є м'ясо, яке містить не менше 20% білків і не більше 3–4% жиру, тобто м'ясо низьких категорій вгодованості тварин. Для напівкопчених і копчених ковбас використовують м'ясо дорослої худоби, для сосисок і сардельок – м'ясо молодих тварин. Для виробництва ковбас використовують свинину з різним вмістом жиру. Баранину використовують тільки для виготовлення баранячих ковбас. Для виробництва ковбасних виробів використовують також м'ясо курей, гусей, кролів, кіз, конину. Субпродукти використовують в парному, охолодженому і мороженому вигляді.

У ковбасному виробництві використовують й інші харчові продукти, наприклад, молоко, вершкове масло, яйця, плавлений сир, які додають у фарш для підвищення харчової цінності ковбасних виробів. Для збільшення в'язкості фаршу до деяких видів ковбас додають крохмаль, фосфати, пшеничну муку. Для надання ковбасам своєрідного смаку та аромату додають приправи і пряноші: перець, кардамон, коріандр, мускатний горіх, аніс, тмін, цибулю, часник.

Під час виробництва сирокопчених і сиров'ялених ковбас для скорочення тривалості їх виготовлення й поліпшення якості виробів застосовують бактеріальні препарати. Вони містять спеціальні види

мікроорганізмів, які з додаванням у фарш сирокопчених ковбас у процесі життєдіяльності продукують велику кількість органічних речовин, здатних створювати виражений смак і аромат продукту.

Кишкові оболонки, які використовують для ковбасних виробів, мають бути досить міцні, щільні, еластичні, волого- і газопроникні. В основному використовують оболонки штучні полімерні, з білкової сировини, целюлози, а також натуральні оболонки.

Схема виробництва ковбасних виробів наведена на рисунку 2.27.

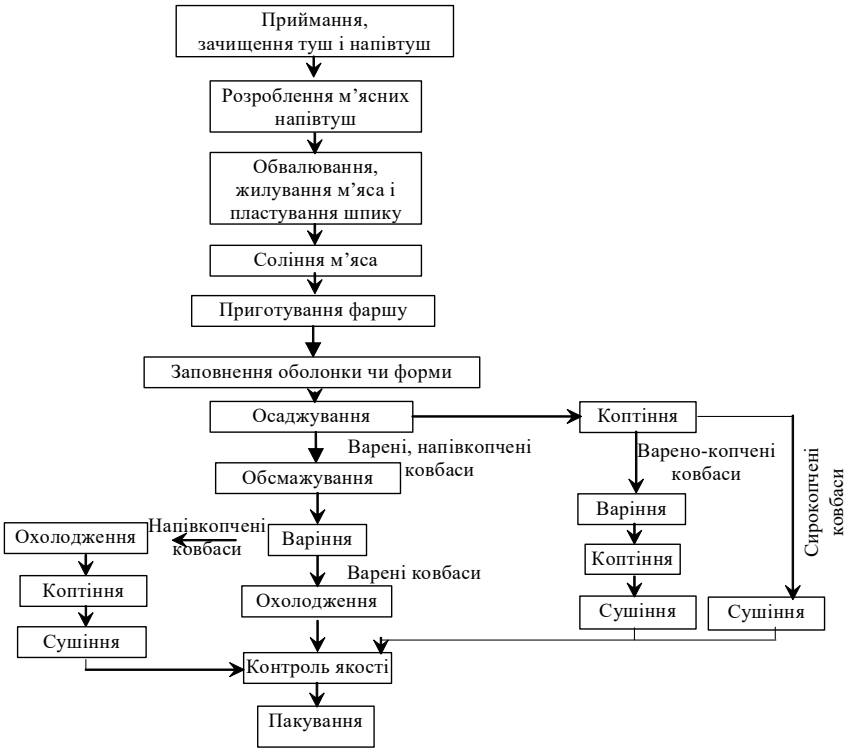


Рисунок 2.27. Схема виробництва ковбасних виробів

Процес виробництва ковбасних виробів включає в себе наступні етапи:

– розроблення м'ясних туш, обвалювання і жилування м'яса;
– засолювання м'яса;

– подрібнення, приготування фаршу;
– наповнення ковбасних оболонок (формування);
– усаджування ковбасних виробів, термічна обробка ковбасних виробів (обсмажування, варіння, копчення);
охолодження і сушіння ковбас

Розроблення м'ясних туш. Для виробництва ковбасних виробів м'ясо може надходити у замороженому вигляді в блоках, в тушах і напівтушах у замороженому або охолодженому вигляді. Заморожені блоки можуть перероблятися без дефростації – одразу направляються на подрібнення на спеціальних вовчках або подрібнювачах. Заморожене м'ясо дефростують, туші та напівтуші далі направляють на обвалювання і жилування. Обвалювання є процесом відділення м'яса від кісток і його в основному проводять диференційованим методом, тобто кожний працівник обвалює певну частину туші. На малих підприємствах застосовують і метод обвалювання, під час якого один працівник обвалює всю тушу.

Після обвалювання м'ясо жилують, відокремлюють сполучну тканину, кров'яні та лімфатичні судини, хрящі, малі кістки, кров'яні та інші забруднення. Під час жилування яловичини та баранини також відділяють жир.

Засолювання. Процес засолювання є обробкою сировини сіллю (часто в поєднанні з нітритами, спеціями, цукром, фосфатами) з подальшим витримуванням її протягом певного часу, достатнього для завершення процесів, в результаті яких продукт набуває потрібних властивостей.

Засолювання у м'ясопереробній промисловості використовують як засіб консервування сировини і як додатковий прийом у поєднанні з іншими – варінням, копченням, сушінням. Під час засолювання м'ясо набуває ряд нових властивостей, в тому числі і специфічні органолептичні. Засолювання буває короткочасним – від 6 год до 7 діб (подрібнене м'ясо у виробництві варених ковбас) і тривалим – до 60 діб (у виробництві шинки). Розрізняють засолювання сухе (оброблення сухою сумішшю), мокре (в розсолі) та змішане (поєднання сухого та мокрого способів).

Застосування цукру під час засолювання сприяє отриманню більш смачного та ніжного продукту. Цукор пом'якшує смак солоних продуктів, в процесі тривалого процесу він є живильним

середовищем для специфічної мікрофлори. Під час засолювання під впливом кухонної солі, а також теплової обробки м'ясо втрачає свій колір. Тому до м'яса, яке призначене для виробництва ковбас, додають нітрит натрію.

Чим дрібніші шматочки м'яса, тим швидше і рівномірніше вони вбирають сіль і процес проходить швидше. Тарою для засолювання м'яса можуть бути чани, ковші, також м'ясо можна засолювати в апаратах безперервної дії.

Подрібнення, приготування фаршу. Після засолювання для отримання однорідного фаршу м'ясо подрібнюють. Залежно від виду і сорту ковбас ступінь подрібнення м'яса різний. Під час виробництва сосисок, сардельок, варених, а також ліверних ковбас та паштетів м'ясо подрібнюють до руйнування клітини. Продукти виходять однорідної структури, ніжної консистенції. Під час виробництва напівкопчених та копчених ковбас м'ясо піддають такому ступеню подрібнення, при якому структура тканини зберігається, а це сприяє інтенсивнішому вологообміну при сушінні ковбас. Шпик очищують від солі, відділяють шкуру і подрібнюють на шпигорізній машині. Шматочки шпику повинні бути правильної форми (кубики або призми) з відповідними розмірами.

Фарш для кожного виду і сорту ковбас готують за рецептурою. Щоб фарш був рівномірним, його ретельно перемішують. Фарш буває структурно-неоднорідним (із шпиком, сиром, грибами тощо) та структурно-однорідним. Структурно-неоднорідний фарш змішують у мішалках, шпик додають за 2–3 хв. до закінчення перемішування. Структурно-однорідний фарш змішують у кутері при подрібненні сировини: спочатку завантажують яловичину та нежирну свинину. Потім, якщо треба, додають холодну воду або лід. Через 6–8 хвилин вводять спеції та нітрит, якщо він не був доданий раніше. Після цього завантажують жирну свинину.

Наповнення ковбасних оболонок. Готовий фарш направляють на шприци для виготовлення ковбасних батонів (формування). Шприци працюють в комплексі з кліпсаторами, які закривають ковбасні батони алюмінієвими скріпками. У деяких випадках ковбасні батони зав'язують вручну шпагатом, що дозволяє розпізнати вид і сорт ковбаси, а також підвищити щільність. У процесі шприцювання з фаршем в оболонку може потрапляти

повітря. Для його видалення із батонів на наступних стадіях процесу виробництва натуральні оболонки наколюють (штрикують). Після кліпсування, в'язання або перекручування (для сосисок) батони вішають на вішала і розміщують на рамах.

Усаджування і термічна обробка ковбас. Після шприцювання та в'язання ковбаси поміщають у камери з температурою 0–2 °С і відносною вологістю повітря 80–85% для усаджування, яке триває для варених ковбас 2–4 год, напівкопчених 4–6 год, копчених – 7 діб. При усаджуванні ущільнюється фарш і підсихає поверхня батонів. В процесі усаджування відбувається ферментація сировини, фарш стає густішим і однорідніш.

Отримані ковбасні батони направляються на термічну обробку – обсмажування, варіння, копчення. Обсмажування проводять димоповітряною сумішшю при високих температурах з метою обробки поверхневого шару батонів. Після обсмажування оболонка підсихає, стає прозорою і більш стійкою проти дії мікроорганізмів. При обсмажуванні закріплюється колір фаршу.

Варінню піддаються всі ковбаси, за винятком сирокопчених. У процесі варіння ковбас гине до 90% мікроорганізмів, різко пригнічується активність ферментів. Для варіння ковбаси можна використовувати гарячу воду або гостру пару. Варіння у воді в котлах з паровим обігрівом має деякі переваги: ковбаса соковитіша, зберігається її колір, втрати маси зменшуються. Вироби знімають з рам або з візків разом з вішалками і занурюють у гарячу воду. Під час теплової обробки продукт доводять до стану кулінарної готовності. В результаті теплової обробки продукт набуває нових характерних смакових та ароматичних властивостей, щільну консистенцію.

Наступним процесом є копчення, при якому продукт обробляється димом, який утворюється при неповному згорянні деревини (суха перегонка деревини). Це один із способів консервування продуктів, а також технологічний процес, завдяки якому продукт отримує своєрідний смак та аромат.

Оброблення гарячим димом (обсмажування, гаряче копчення) застосовують під час виробництва копчених, напівкопчених, варенокопчених і деяких видів варених ковбас. При обсмажуванні короткочасно (від 40 хв до 2 год) обробляють продукт димом при високих температурах (60–100 °С). При виготовленні варено-

копчених виробів їх повторно обробляють гарячим димом при 35–45 °С протягом 12–48 годин.

Копчення холодним димом використовують при виготовленні сирокопчених виробів. В цьому випадку обробку димом проводять при 18–22 °С протягом 3–7 діб. Застосовують також інші способи копчення: електрокоптіння (копчення в електричному полі), бездимне (рідкими коптильними препаратами) тощо. В процесі копчення деякі леткі речовини коптильних газів осаджуються на поверхні, а інші проникають всередину продукту, поступово дифундуючи під час копчення та наступного сушіння.

При копченні продукт значно зневоднюється за рахунок випаровування вологи. При холодному копченні втрата вологи складає 15–20%, при обсмажуванні втрати маси за рахунок випаровування вологи складають для сосисок 10–12%, варених ковбас – 4–7%, напівкопчених – до 7%. При гарячому копченні ковбаси втрачають до 10% вологи. Внаслідок денатурації та наступної коагуляції, а також зневоднення за рахунок випаровування вологи знижується розчинність білків, продукт ущільнюється.

Специфічний смак та аромат, які виникають при обробці димом виробів з м'яса, є результатом впливу багатьох факторів. Перш за все вони пов'язані з накопиченням різних речовин, які проникають в продукт із диму (феноли, карбонильні з'єднання). Ці речовини створюють певний смак та запах копченого продукту. Речовини диму не тільки адсорбуються продуктом, але і вступають у хімічну взаємодію з його складовими частинами з утворенням нових речовин. При копченні одним і тим же димом різних продуктів отримують вироби зі смаком та ароматом копчення, притаманним кожному з них.

Наслідком коптіння є забарвлення поверхні виробів у коричневі тони, в результаті чого готові продукти набувають приємного та звичного зовнішнього вигляду. При холодному копченні продукт набуває вишнево-червоного кольору, так як в результаті неповного згоряння вуглецю з'являється СО, який з білком міоглобіном утворює вишневий пігмент.

Копчені м'ясопродукти більш стійкі до окислювальної дії кисню повітря на жири, до впливу на них шкідливої мікрофлори. Важливу роль у пригніченні життєдіяльності мікроорганізмів відіграє і видалення вологи з копченого продукту та збільшення концентрації солі в результаті зневоднення, що викликає плазмоліз бактерій.

Охолодження і сушіння ковбас. Після варіння ковбасні батони одразу ж, як найшвидше, охолоджують до температури 8–10 °С. Охолодження проводять спочатку холодною водою, а потім у камерах повітрям. При охолодженні водою скорочується втрата маси, вдається запобігти виникненню зморщок, поверхня батону одночасно очищується від жиру, залишків бульйону і забруднень. Тривалість охолодження водою становить 10–30 хв. залежно від діаметра батона, тривалість охолодження в камерах – 4–8 год.

Сушінню піддають сирокопчені, варено-копчені та напівкопчені ковбаси. Воно знижує вологість продукту і збільшує вміст кухонної солі у ковбасних виробах. При вологості білкових продуктів менше 20–25% припиняють ріст більшість мікроорганізмів. Сирокопчені ковбаси сушать до 30 діб, інколи й до 90 діб, варено-копчені – 5–10 діб, напівкопчені – 3–5 діб.

2.12.2. Машинно-апаратурна схема лінії виробництва ковбасних виробів

На рисунку 2.28 наведена машинно-апаратурна схема лінії виробництва ковбасних виробів.

М'ясо у тушах і напівтушах накопичується та зберігається у холодильниках. За необхідністю, воно потрапляє у дефростаційну камеру 1 на розморожування, звідки в охолодженому стані подається на переробку. Підвісним шляхом туші та напівтуші надходять на зважування для контролю кількості оброблюваної сировини і далі виконується їх розділення, яке відбувається безпосередньо на підвісному шляху.

Яловичину розділяють, як правило, на 8 частин – вирізка, шия, лопатка, грудинка, спинно-реброва частина, філе, крижова частина, задня ніжка. Свинячі напівтуші розділяють на 5 частин – лопатка, грудинка, корейка, шия та окіст.

Потім виконується обвалювання та жилування м'яса на конвеєрному столі 2. Також тут виконується і сортування м’яса. М'ясо ріжуть на шматки масою до 1 кг. Після обвалювання та жилування виконується попереднє подрібнення м’яса на вовчку 3 та перемішування з засолювальними компонентами в мішалці 4. Після цього м'ясо у візках 5 направляється на дозрівання у камеру 6. У той же час охолоджений шпиг (-1–-3 °С) подрібнюється на шпигорізальній машині 10.

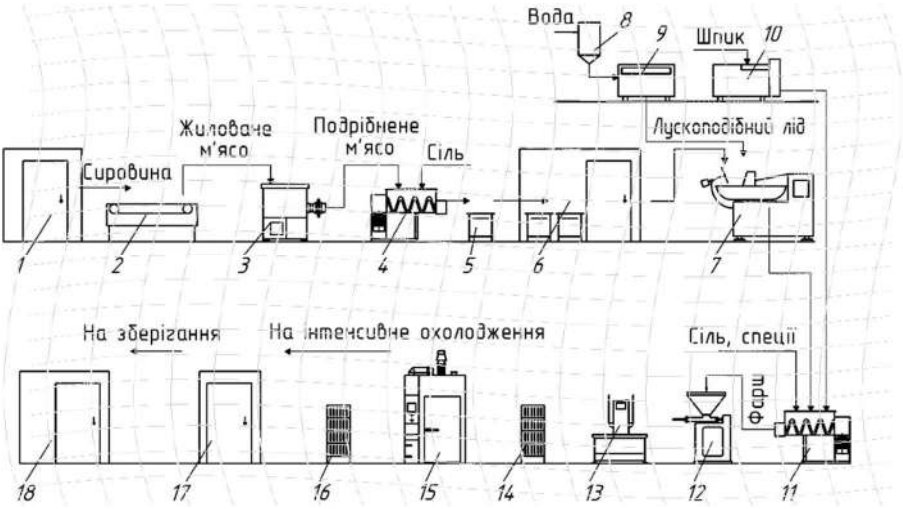


Рисунок 2.28. Машинно-апаратурна схема лінії виробництва ковбасних виробів

1 – дефростаційна камера; 2 – конвеєрний стіл обвалювання та жилування; 3 – вовчок; 4 – мішалка; 5 – візок для м'яса; 6 – камера дозрівання; 7 – кутер; 8 – ємність для води; 9 – льодогенератор; 10 – шпигорізальна машина; 11 – фаршемішалка; 12 – шприц універсальний вакуумний; 13 – кліпсатор; 14, 16 – рами для ковбасних батонів; 15 – універсальна термокамера; 17 – камера інтенсивного охолодження; 18 – камера зберігання готової продукції

Під час виробництва одноструктурних ковбасних виробів подрібнену сировину на вовчку додатково подрібнюють у кутері 7, додаючи лускоподібний лід, отриманий на льодогенераторі 9. Якщо проводиться виготовлення структурних виробів (виражені шматочки шпигу), то подрібнене м'ясо на вовчку чи кутері 7 завантажують разом зі шпигом, подрібненим на шпигорізальній машині 10 до фаршмішалки 11, де відбувається приготування фаршу протягом 10–15 хв.

Після приготування фарш направляють на шприцювання. Наповнення оболонок виконують на вакуумному шприці 12, який працює в комплекті з кліпсатором 13, який закриває кінці наповнених ковбасних батонів алюмінієвими скріпками і встановлює

петлю для навішування. Після цього зформовані батони ковбаси або сосиски та сардельки (утворюються перекручуванням оболонки) подаються на ковбасні рами 14, які у свою чергу, поступають в універсальну термокамеру 16 для термічної обробки. Виходячи з того, який тип ковбасних виробів виготовляється, підбирається відповідний режим термообробки. Після термічної обробки ковбасні вироби направляються на охолодження в камеру інтенсивного охолодження 17, а потім на зберігання в камеру готової продукції 18.

2.13. Технологічна лінія виробництва хліба

2.13.1. Виробництво хліба із пшеничного брошна.

Стадії технологічного процесу. Виробництво хлібних виробів є біотехнологічним процесом. В основі його лежать мікробіологічні, біохімічні, колоїдні, хімічні та фізичні процеси, які у взаємодії забезпечують конверсію полімерів тіста, що обумовлює одержання кінцевого продукту із заданими властивостями.

Приготування хліба двофазним способом можна розділити на наступні стадії (рисунок 2.29):

- приймання, зберігання, підготовка сировини до виробництва
- замішування опари з дозування борошна та рецептурних компонентів
- бродіння опари;
- замішування тіста з дозуванням борошна та рецептурних компонентів;
- бродіння тіста (для здобних виробів здійснюється додаткова операція обминання);
- оброблення: поділ тіста на шматки, округлення, попереднє вистоювання, формування, остаточне вистоювання, надрізання
- випікання тістових заготовок;
- охолодження та пакування готових виробів,
- зберігання і транспортування в торгівельну мережу.

Приготування тіста з пшеничного борошна. *Тісто* готують двофазним опарним або однофазним безопарним способами.

Найбільш поширеним є опарний спосіб. Цей спосіб застосовується під час виготовлення широкого асортименту хлібних виробів

Традиційний однофазний безопарний спосіб приготування тіста застосовують в основному для виробництва булочних і здобних виробів. На деяких пекарнях його використовують також для виготовлення

Останнім часом знаходять широкого поширення прискорені способи приготування тіста, що базуються на застосуванні інтенсивного замішування, збільшення кількості дріжджів, застосуванні підкислювачів або комплексних поліпшувачів.

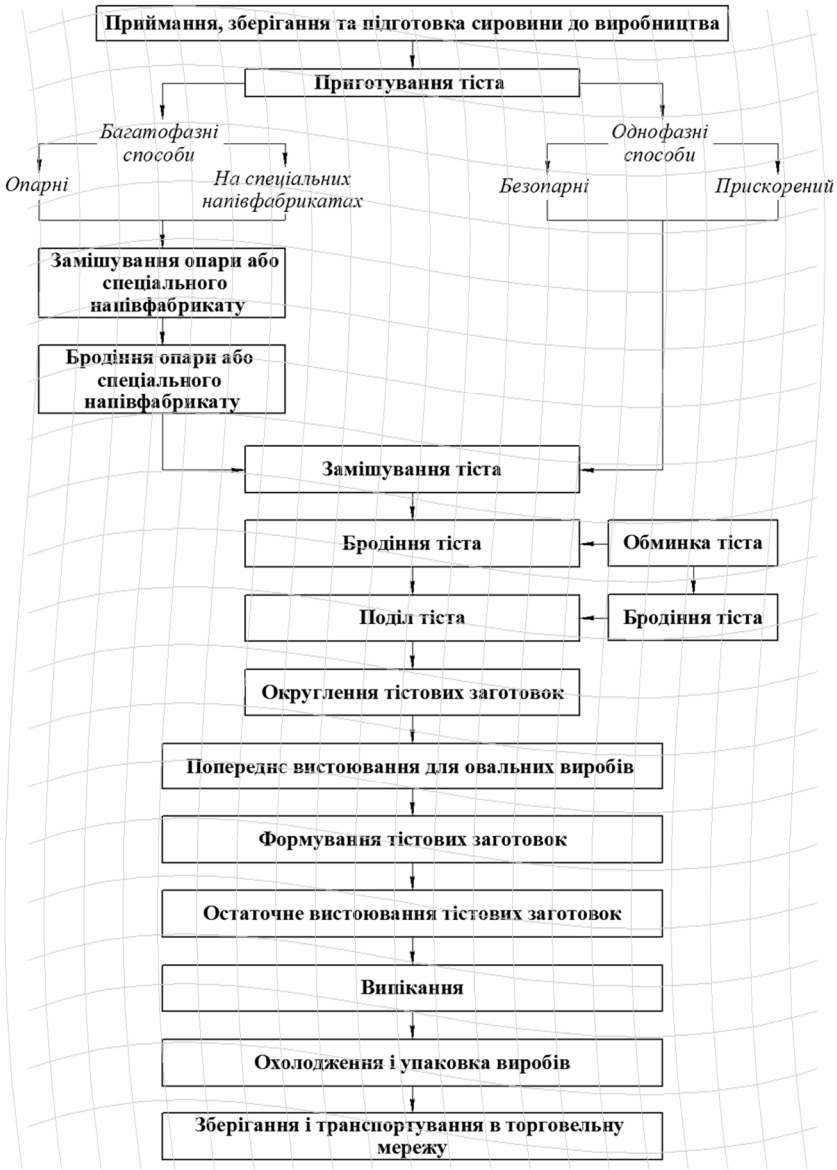


Рисунок 2.29. Схема виробництва хлібобулочних виробів

Спосіб і машинно-апаратурну схему приготування тіста обирають залежно від асортименту виробів, об'єму виробництва, наявного обладнання тощо.

Для розпушення пшеничного тіста використовують хлібопекарські дріжджі, рідкі дріжджі, а також закваски.

Хлібопекарське тісто в результаті замішування і бродіння набуває необхідних для даного виду хліба кислотності і фізичних властивостей: пружність, формоутримувальну і газоутримувальну здатність, які забезпечують максимальний об’єм тістових заготовок, що надходять на випікання.

Оброблення тіста. Готове тісто подається на оброблення, що включає поділ тіста на шматки, округлення, попереднє вистоювання, закочування та остаточне вистоювання тістових заготовок.

Під час технологічної операції округлення шматки тіста набувають кулястої форми. Внаслідок пружно-еластичної і пластичної деформації в тістовій заготовці під час округлення відбувається рівномірне розподілення і часткове видалення діоксиду вуглецю, змінюються фізико-механічні властивості її структури. Поверхневий шар заготовки ущільнюється, зменшується його газопроникливість. На тістовій заготовці утворюється тонка поверхнева плівка. Ця плівка сприяє підвищенню газоутримувальної здатності тіста під час остаточного вистоювання, покращенню об’єму і пористості виробів. Під час виробництва круглих подових виробів округлення є способом формування заготовки. Після цієї операції тістові заготовки надходять на остаточне вистоювання.

Під час виробництва багатьох видів булочних і здобних виробів (батони, рогалики, плетінки) операція округлення є проміжною, після неї тістові заготовки подаються на попереднє вистоювання, підчас якого відбувається релаксація напружень, які накопичилися в результаті механічної обробки тістових заготовок, потім тістові заготовки подаються на формування.

Житнє тісто має вищу, ніж пшеничне, вологість, підвищену адгезію і в'язкість, тому під час його оброблення операція округлення не проводиться або для її виконання використовують округлювачі з горизонтальним стрічковим і двома похилими транспортерами. Завдяки переміщенню транспортерів у різних напрямках і з різною швидкістю досягається округлення заготовки. Цей округлювач піддає заготовки легкій механічній обробці, після якої вони мають не

зовсім сферичну форму. Під час вистоювання у касетах тістові заготовки приймають правильну форму. Частіше заготовки із житнього і житньо-пшеничного борошна круглої форми після поділу укладають у круглі касети на колисках шафи для вистоювання.

Остаточне вистоювання тістових заготовок. Основною метою остаточного вистоювання є відновлення частково зруйнованої під час формування структури тіста, інтенсивне бродіння з метою максимального розпушення тістової заготовки, збільшення її в об'ємі. За остаточного вистоювання необхідно створити оптимальні умови для життєдіяльності мікрофлори тіста, а також для підтримання еластичності поверхні, що й обумовлює збільшення об'єму тістової заготовки. У процесі вистоювання об'єм заготовки збільшується в 1,5–1,7 рази, поверхня стає гладенькою.

Оптимальними умовами для остаточного вистоювання є температура повітря в шафі для вистоювання 35–40 °С і відносна вологість – 75–85%.

Тривалість вистоювання тістових заготовок становить від 20 до 120 хв.

На підприємствах остаточне вистоювання відбувається у конвеєрних шафах різних марок, в яких створюються оптимальні температурні та вологістні умови.

Перед посадкою в піч поверхню тістових заготовок залежно від виду виробів оздоблюють. Оздоблення здійснюється згідно з технологічними інструкціями на кожен вид виробу.

Надрізування заготовок для подових виробів (батони, міська булка, паляниця) проводять вручну тонким ножем, змоченим водою. На комплексно-механізованих лініях надрізування батонів механізоване.

У виробництві формових сортів хліба застосовують вистійно-пічні агрегати зі спільним конвеєром. У цих агрегатах тістові заготовки механічно переходять із зони вистоювання у зону випікання.

Випікання хліба. Випікання є заключним етапом виготовлення хлібобулочних виробів, під час якого тістова заготовка перетворюється у виріб, придатний для споживання. У процесі випікання остаточно формується об'єм виробів, закріплюється їх

форма, утворюються скоринка і м'якушка, забарвлюється поверхня, формується смак і аромат.

Випікання тістових заготовок проводиться у хлібопекарських печах різної конструкції. У промисловості застосовуються печі з тупиковими камерами, в яких розміщені підвішені на ланцюговому конвеєрі колиски з поличками, а також печі з наскрізними (тунельними) пекарними камерами, в яких рухається конвеєр з сітчастим подом.

З розвитком пекарень набули поширення печі ротаційного типу, в пекарній камері яких розміщують вагонетку-етажерку з поличками для тістових заготовок, і електропечі зі стаціонарним подом.

Випікання проводиться за стаціонарного або змінного падаючого температурного режиму, зі зволоженням пекарної камери чи без нього. У сучасних хлібопекарських печах більшість видів хлібобулочних виробів, окрім виробів, нормативною документацією на які передбачена матова поверхня чи поверхня, змащена яєчним мастилом, випікаються за змінного температурного режиму зі зволоженням середовища пекарної камери.

Машинно-апаратурна схема лінії виробництва подового хліба. Подовий хліб та булочні вироби можуть бути круглої або видовженої (батононоподібної) форми. Відмінність в машинно-апаратурній схемі полягає в оформленні дільниці оброблення.

Машинно-апаратурна схема лінії виробництва подового хліба – одного з масових видів хліба з пшеничного борошна показана на рисунку 2.30.

Борошно доставляють на хлібозавод у автоборошновозах, які зважують на автомобільних вагах і подають під розвантаження. Для пневматичного розвантаження борошна автоборошноковоз обладнаний повітряним компресором і гнучким шлангом для приєднання до приймального щитка. Борошно з ємності автоборошновоза під тиском по трубах завантажують у силоси на зберігання. У розчинниках готують розчини солі й цукру, дріжджову суспензію і розплав жиру (маргарину). Ці напівфабрикати зберігають у витратних ємкостях, з яких через дозувальні пристрої вони надходять на замішування.

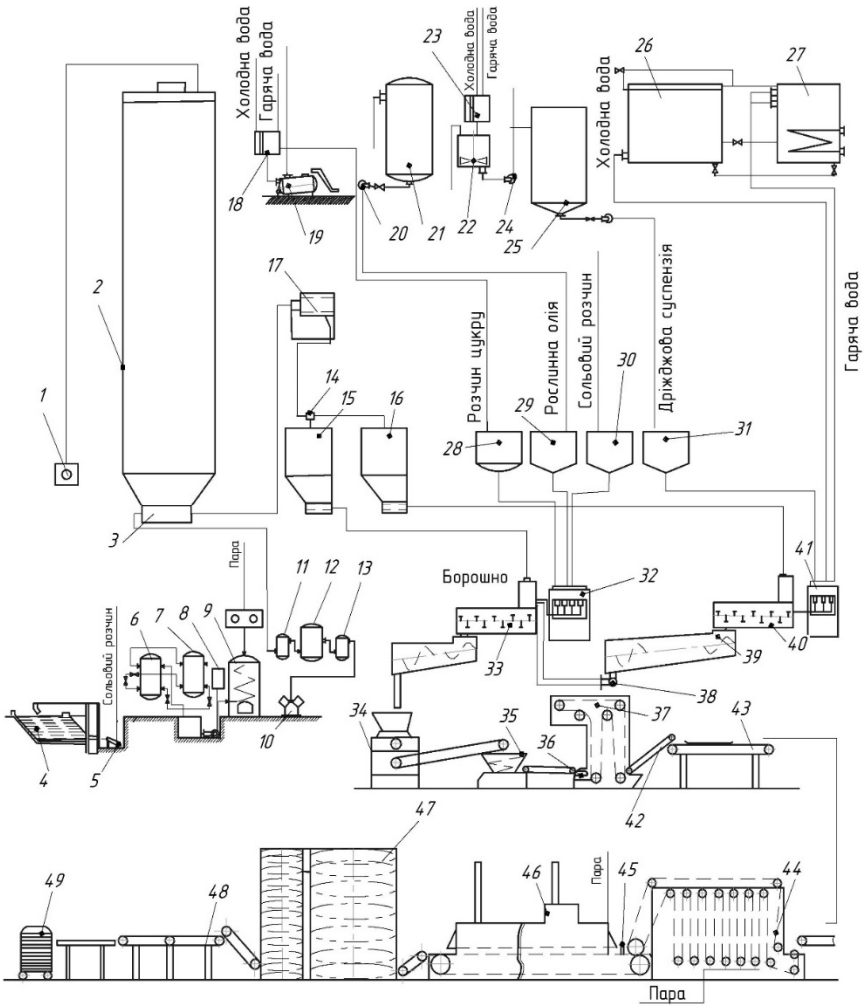


Рисунок 2.30. Машинно-апаратурна схема виробництва овальних виробів із пшеничного борошна

Позначення на рисунку 2.30: 1 – приймальний щиток; 2 – силос; 3 – роторний живильник; 4 – установка для мокрого зберігання солі і отримання сольового розчину; 5 – монжус; 6– установка для хімводоочищення; 7 – бак для води; 8 – збірник конденсату; 9 – парогенератор з гребінкою; 10 – компресор; 11 – вологовіділювач для стисненого повітря; 12 – ресивер; 13 – масловідділювач; 14 – перемикач; 15, 16 – виробничий силос; 17 – просіювач борошна; 18 –установка для розчину цукру; 19 – просіював для цукру; 20 – кран; 21 – ємність для зберігання рослинної олії; 22 – дріжджемішалка; 23 – бак для води; 24 – насос відцентровий; 25 – ємність для дріжджової суспензії; 26 – бак холодної води; 27 – бак гарячої води; 28 – напірна ємкість для цукрового розчину; 29 – напірна ємкість для рослинної олії; 30 – напірна ємкість для сольового розчину; 31 – напірна ємкість для дріжджової суспензії; для дріжджової суспензії; 32 – дозувальна станція; 33 – тістомісильна машина для тіста з дозатором борошна з коритом для бродіння тіста; 34 – тісто подільник; 35 – тістоокруглювач; 36 – транспортер; 37 – шафа попереднього вистоювання; 38 – насос для опари; 39 – корито для бродіння опари; 40 – тістомісильна машина для опари з дозатором борошна; 41 – дозувальна станція рідких компонентів; 42 – транспортер; 43 – тістозакатувальна машина; 44 – шафа остаточного вистоювання; 45 – надрізчик тістових заготовок; 46 – тунельна хлібопекарська піч; 47 – кулер для охолодження; 48 – машина для пакування; 49 – вагонетка для готових виробів.

Борошно з силосів за допомогою роторних живильників і системи аерозольтранспорту подається на просіювач. Система підготовки стиснутого повітря крім трубопровідної апаратури, перемикачів включає в себе компресор, ресивер, вологовідділювач і масловідділювач. Для рівномірного розподілу стисненого повітря за різних режимів роботи перед роторними живильниками встановлюють ультразвукові сопла. Витрата борошна з кожного силосу контролюється за допомогою тензодатчиків, розміщених під опорами силосів.

Програму витрати борошна з силосів задає виробнича лабораторія хлібозаводу на основі пробних випічок хліба із суміші борошна різних партій. Таке змішування партій борошна дозволяє вирівнювати хлібопекарські якості рецептурної суміші борошна, що надходить на виробництво. Далі рецептурну суміш борошна очищають від сторонніх домішок на просіювачі, забезпеченому магнітним уловлювачем, і транспортують аерозольтранспортом у виробничі силоси.

Для отримання хорошої якості хліба використовують двофазний спосіб приготування тіста. Перша фаза – приготування опари, яку замішують в тістомісильній машині безперервної дії. У неї дозують борошно з виробничого силосу, а також воду і дріжджову суспензію через дозувальну станцію. Для замісу опари використовують від 40 до 70% борошна. З тістомісильної машини опара надходить в корито для бродіння опари.

Після бродіння протягом 3–4,5 годин опару перекачують та дозують у тістомісильну машину для замішування тіста. В тістомісильну машину для замішування тіста дозують частину борошна, що залишилося, воду, розчини солі і цукру, розплав жиру. Бродіння тіста здійснюється в кориті для бродіння протягом 1 – 2 годин. Густина пшеничного тіста після замішування становить 1200 кг м^3, в кінці бродіння – 500 кг/м^3.

Готове тісто самоплином надходить з корита для бродіння у приймальну воронку тістоподільної машини, призначеної для отримання шматків тіста однакової маси. Після оброблення шматків тіста в округлювальній машині утворюються тістові заготовки кулястої форми. Для зняття напруження заготовки подаються в колиски шафи попереднього вистоювання, яке триває 5–7 хв. З шафи заготовки подаються на тістозакатувальну машину для отримання виробів продовгуватої форми, які стрічковим укладальника завантажуються у касети колисок вистійної шафи.

Вистоювання тістових заготовок проводиться протягом 35–50 хв. за відносної вологості повітря 80–85% і температури 35 – 40 °С в результаті бродіння структура тістових заготовок стає пористою, об'єм їх збільшується в 1,4–1,5 рази, а густина знижується на 30–40%. Поверхня заготовок стає рівною, гладкою, еластичною. Тістові заготовки перед посадкою в піч надрізаються.

В зоні гігротермічного оброблення пекарної камери заготовки перебувають протягом 2–3 хв. за температури 100–160 °С і відносної вологості повітря 70–85%. Випікання проводиться за змінного температурного режиму в кожній зоні печі.

Випечені вироби подаються в кулер для охолодження. Охолоджені вироби пакують і завантажують у вагонетки і направляються в експедицію.

Загальна тривалість приготування хліба від подачі борошна до отримання готової продукції становить 9–10 год.

2.13.2. Виробництво хліба із житнього і суміші житнього та пшеничного борошна

Порівняно з пшеничним хліб із житнього борошна має менший об'єм, темніше забарвлення, менше розпушену, трохи липку м'якушку, явно виражений кислуватий смак і специфічний аромат. Це пов'язано з особливостями хлібопекарських властивостей борошна, що обумовлюють технологію його приготування.

Технологія приготування тіста з житнього і житньо-пшеничного борошна базується на створенні високої кислотності тіста з метою зниження активності ферментів, поглиблення набрякання білків, пентозанів, оболонкових частинок борошна.

Крохмаль житнього борошна легше піддається впливу ферментів і має приблизно на 10 °С нижчу, ніж пшеничний, температуру клейстеризації. Це сприяє глибокому гідролітичному розпаду крохмалю з утворенням низькомолекулярних декстринів, які погіршують стан м'якушки, надають їй липкості.

Білки житнього борошна у тісті не утворюють клейковинного каркасу. Вони легко набрякають, частина їх набухає необмежено, пептизується і переходить у колоїдний розчин. Тому житнє тісто не має пружності та еластичності, для нього не характерні висока газоутримувальна здатність і формостійкість.

У житньому борошні міститься 4,5–7% цукрів. Це в основному сахароза, що створює умови для активної життєдіяльності мікрофлори у процесі дозрівання тіста, обумовлює темне забарвлення скоринки в результаті реакції меланоїдиноутворення.

Пентозани житнього борошна, а їх у ньому міститься 4,2– 8,6%, набрякають і утворюють дуже в'язкі розчини.

Зважаючи на особливості білків і пентозанів житнього борошна, тісто із нього – це в'язкий колоїдний розчин, у якому містяться зерна крохмалю, обмежено набряклі білки і оболонкові частини. Тому фізичні властивості житнього тіста визначаються структурно-механічними властивостями його в'язкої фази. Для нього характерні в'язкість і пластичність.

Формоутворювальна здатність житнього тіста обумовлюється його в'язкістю, а газоутримувальна – величиною поверхневого натягу.

Тісто для хліба із житнього чи із суміші житнього і пшеничного борошна готують на густих або рідких заквасках, виготовлених за різними технологічними схемами, а також прискореними способами.

Заквaски на виробництві готують із житнього борошна за циклом розведення і виробничим циклом. Житні заквaски відрізняються за консистенцією та складом мікрофлори. Густі житні заквaски готують вологістю 45–50, іноді 55, рідкі – 68–82%.

Принципова схема виробництва житньо-пшеничного хліба (рисунок 2.31).

Рисунок 2.31. Принципова схема виробництва житньо-пшеничного хліба

Машинно-апаратурна схема приготування подового хліба з суміші житнього і пшеничного борошна. Машинно-апаратурна схема (рисунок 2.32) приготування подового хліба з суміші житнього та пшеничного борошна на великій густій заквасці. Закваску готують вологістю 48–50% і кислотністю 13–16 град з житнього обойного борошна або з житнього обдирного борошна кислотністю 11–14 град.

Борошно доставляють на хлібозавод у автоборошновозах, які зважують на автомобільних вагах і подають під розвантаження. Для пневматичного розвантаження борошна автоборошновоз обладнаний повітряним компресором і гнучким шлангом для приєднання до приймального щитка. Борошно з ємності автоборошновоза під тиском по трубах завантажують в тканинні силоси на зберігання.

Борошно з силосів за допомогою системи транспортування борошна «Chapру» подається на просіювач і магнітовловлювач. Система стиснутого повітря крім трубопровідної апаратури, перемикачів включає в себе компресор. Витрата борошна з кожного силосу контролюється за допомогою тензодатчиків, розміщених під опорами силосів.

Програму витрати борошна з силосів задає виробнича лабораторія хлібозаводу на основі пробних випічок хліба із суміші борошна різних партій. Таке змішування партій борошна дозволяє вирівнювати хлібопекарські якості рецептурної суміші борошна, що надходить на виробництво. Далі рецептурну суміш борошна очищають від сторонніх домішок на просіювачі, магнітному уловлювачі, і транспортують у виробничій силос.

У розчиннику готують розчин солі і зберігають у витратній ємкості, з якої через дозувальну станцію надходить в тістомісильну машину для замішування тіста.

Для приготування тіста із житньо-пшеничного борошна може використовуватись в невеликих кількостях дріжджова суспензія, яку отримують в ємності для приготування дріжджової суспензії та перекачується в витратні ємності для охолодження.

Мочку готують в ємності для приготування мочки насосом перекачують в витратну ємність, звідки насосом перекачується на дозування.

Закваску готують на заварювальній машині, куди дозується борошно із виробничого силосу, вода із витратних баків холодної і

гарячої води та спіла закваска. Замішана закваска відцентровим насосом перекачується в ємність для бродіння закваски. Після бродіння протягом 3,5 год. частина готової вибродженої закваски подається на замішування тіста відцентровим насосом, частина подається на замішування нової порції закваски.

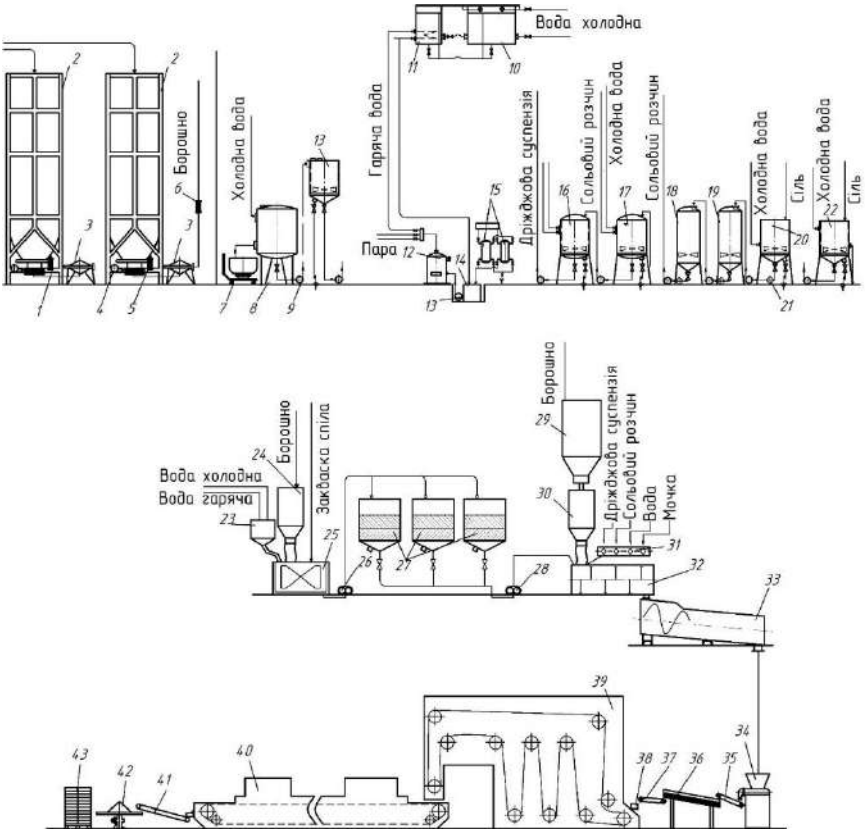


Рисунок 2.32. Машинно-апаратурна схема виробництва житньо-пшеничного подового хліба

Позначення на рисунку 2.32:
1,5 – система пневматичного транспортування борошна; 2 – тканинний силос; 3 – вібропросіювач борошна; 4 – металоконструкції силосів; 6 – магнітовловлювач; 7 – діжа для мочки; 8 – установка для приготування мочки; 9 – насос для мочки; 10 – бак для холодної води; 11 – бак гарячої води; 12 – парогенератор; 13 – напірна ємність для мочки; 14 – бак конденсату: 15 – установка хімводоочищення; 16 – витратна ємність для охолодження дріжджової суспензії; 17 – ємність для приготування дріжджової суспензії; 18, 19 – ємність для зберігання сольового розчину; 20,22 – ємність для приготування сольового розчину; 21 – монжус; 23 – дозатор води; 24 – дозатор борошна; 25 – заварювальна машина; 26 – насос для перекачування закваски; 27 –ємність для бродіння закваски; 28 – насос для перекачування спілої закваски; 29 – виробничий силос; 30 – дозатор борошна; 31 – дозувальна станція для рідких компонентів; 32 – тістомісильна машина для тіста; 33– корито для бродіння тіста; 34 – тістоподільна машина; 35 – транспортер; 36 – стрічковий округлювач; 37 – транспортер; 38 – посадчик; 39 – шафа остаточного вистоювання; 40 – піч тунельна; 41 – транспортер; 42 – циркуляційний стіл; 43 – вагонетка.

В тістомісильну машину безперервної дії для замішування тіста дозують частину борошна, що залишилося, воду, розчин солі, закваску та мочку. Тісто після замішування має температуру 28–30 °С. Замішане тісто самоплином подається у ємність для бродіння, де воно бродить протягом 30–40 хв. Кінцева кислотність тіста з житнього обдирного борошна – 9–12 град, оббивного – 10–13 град. Готове тісто самоплином надходить з корита для бродіння у приймальну лійку тістоподільної машини, призначеної для поділу на шматки однакової маси. Надання тістовим із житньо-пшеничного борошна кулястої форми здійснюється на стрічковому округлювачі, укладальником завантажуються у касети колисок вистійної шафи.

Вистоювання тістових заготовок проводиться протягом 43–46 хв. за відносної вологості повітря 65–75% і температури 34–36 °С в результаті бродіння структура тістових заготовок стає пористою, об’єм їх збільшується. Поверхня заготовок стає рівною, гладкою, еластичною.

Випікання проводиться за змінного температурного режиму в зонах тунельної печі.

Випечені вироби після охолодження на транспортері попадають на циркуляційний стіл завантажуються у піддон з лотками і подають через охолоджувальне відділення в експедицію.

2.13.3. Інноваційний спосіб виробництва хлібобулочних виробів

Останнім часом під час виробництва хлібопекарської продукції із пшеничного борошна використовують прискорені способи тістоготування, які дозволяють скоротити процес отримання готової продукції.

Стадії зберігання і підготовки борошна та додаткової сировини до виробництва залишаються незмінними. Відмінність полягає в стадіях приготування, дозрівання та оброблення тіста. Прискорені способи приготування потребують інтенсивного механічного оброблення тіста під час замішування для набуття ним відповідних структурно-механічних властивостей. За традиційних способів тістоготування зміна реологічних властивостей відбувається за тривалого бродіння тістових напівфабрикатів і тіста. Структурно-механічні властивості тіста є одним із показників його готовності.

На хлібопекарських підприємствах під час впровадження прискореного тістоготування заміняють потокове виробництво із застосуванням тістомісильних машин агрегатів для бродіння тістових напівфабрикатів безперервної дії на відповідне сучасне обладнання періодичної дії з тістомісильними машинами інтенсивного процесу замішування, оскільки, на ринку промислового обладнання України відсутні тістомісильні машини інтенсивної дії з безперервним процесом замішування.

На кафедрі машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв Національного університету харчових технологій запропонована конструкція змішувально-бродильноформувального агрегату, в якому відбуваються процеси інтенсивного замішування тіста, короткотермінове бродіння тіста, бродіння з метою накопичення газоподібних продуктів бродіння для розпушення тістових заготовок перед випіканням, формування екструдуванням тістових заготовок. Бродіння тістової маси відбувається під надлишковим тиском в камері бродіння 0,2 – 0,3 МПа. Розпушення тістових заготовок відбувається під час виходу із формувального каналу внаслідок перепаду тиску від надлишкового до атмосферного. Діаметр тістових заготовок визначається діаметром формувального каналу, спеціальна форма якого забезпечує рівну поверхню заготовки. На агрегаті можливо формувати безперервні джути, розрізати їх перед посадкою в піч або після випікання. Встановлення механізму відрізання безпосередньо на формувальній головці,

забезпечує отримання виробів батоноподібної форми та круглих виробів.

Найбільш ефективне використання такого обладнання для виробництва виробів видовженої форми за прискореною технологією тістоготування з невеликим подозавантаженням, коли тривалість вистоювання значно перевищує тривалість випікання.

Розроблена потоково-механізована лінія для виробництва багетів з тунельною піччю (рисунок 2.33) дозволяє повністю механізувати процес виробництва, замінити різноманітне обладнання (тістомісильну машину, обладнання для бродіння, тістоподільну, округлювальну, закатувальну машини, шафи попереднього та остаточного вистоювання, допоміжні механізми) одним агрегатом, значно скоротити виробничі площі та витрати електроенергії.

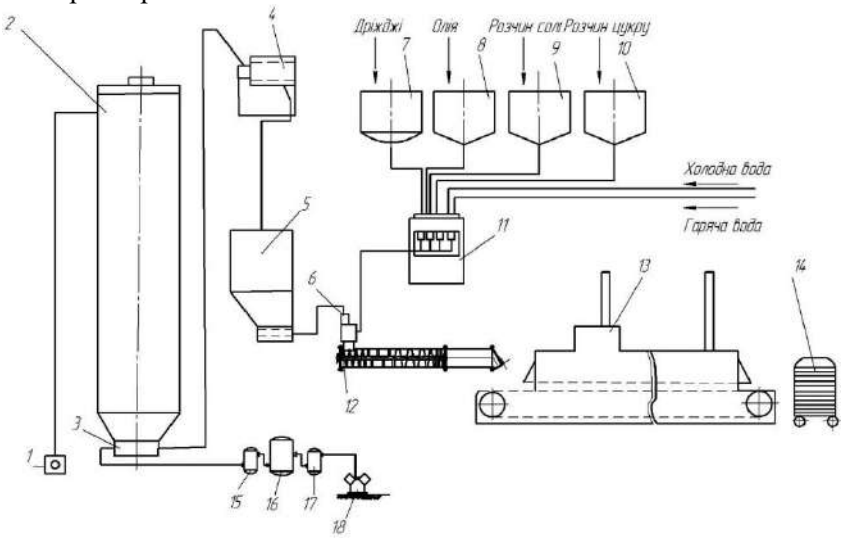


Рисунок 2.33. Машинно-апаратурна схема виробництва багетів з використанням інноваційного способу:

1 – приймальний щиток; 2 – силос для зберігання борошна; 3 – роторний живильник; 4 – просіювач борошна;5 – виробничий силос; 6 – дозатор борошна; 7 – витратна ємкість для дріжджової суспензії; 8 – витратна ємкість для олії; 9 – витратна ємкість для сольового розчину; 10 – витратна ємкість для розчину цукру; 11 – дозувальна станція; 12 – змішувально-бродильно-формувальний агрегат; 13 – тунельна хлібопекарська піч; 14 – вагонетка для готових виробів; 15 – вологовідділювач; 16 – ресивер; 17 – масловідділювач; 18 – компресор.

Підготовлене борошно, додаткові інгредієнти дозуються в змішувальну частину агрегату в зону змішування, далі тістова маса піддається інтенсивному механічному обробленню в камері замішування та нагнітається в камеру бродіння. Тривалість бродіння тістової маси складає 1год після чого джгути екструдуються через формувальні канали на під тунельної печі. Механізм відрізання, встановлений на поверхні матриці розрізає тістові джгути на відповідної довжини та маси заготовки, які надрізаються та випікаються. Готові вироби укладаються в контейнери для транспортування в торгівельну мережу.

Інноваційний спосіб приготування дозволяє об'єднати в одному агрегаті декілька технологічних операцій, значно скоротити кількість спеціального обладнання та тривалість технологічного процесу приготування хлібних виробів, зменшити виробничі площі, повністю механізувати та автоматизувати виробництво, зменшити кількість обслуговуючого персоналу знизити використання енерго- та матеріальних ресурсів, підвищити загальну ефективність виробництва.

.

Питання для самоперевірки

1. Способи виробництва етилового спирту.
2. Стадії технологічного процесу виробництва етилового спирту.
3. Машинно-апаратурна схема виробництва етилового спирту.
4. Обладнання дільниці брагоректифікації. Призначення брагоперегонної, епюраційної і ректифікаційної кологи. Призначення допоміжного обладнання.
5. На що витрачаються енергоресурси (пара) під час всіх етапів виробництва.
6. спирту? Способи економії енергоресурсів під час виробництва спирту.
7. Інтенсивний спосіб розварювання і зацукрення крохмалемісної сировини.
8. Сировина для виробництва солоду.
9. Стадії технологічного процесу виробництва солоду.
10. Машинно-апаратурна схема виробництва солоду.
11. Стадії технологічного процесу виробництва пива.
12. Особливості виробництва безалкогольного пива.
13. Машинно-апаратурна схема виробництва пива.
14. Сировина для виробництва вин.
15. Технологічні схеми виробництва вин. Особливості виробництва червоних і білих вин.
16. Стадії технологічного процесу виробництва вин.
17. Машинно-апаратурна схема виробництва вина.
18. Характеристика сировини для виробництва вівсяних пластівців.
19. Стадії виробництва вівсяних пластівців.
20. Машинно-апаратурна схема виробництва вівсяних пластівців.
21. Характеристика сировини для виробництва кави.
22. Стадії технологічного процесу виробництва смаженої кави.
23. Машинно-апаратурна схема виробництва смаженої кави.
24. Стадії виробництва розчинної кави. Принципова технологічна схема.
25. виробництва розчинної кави.
26. Машинно-апаратурна схема виробництва розчинної кави.

27. Технологічний комплекс виробництва борошна. Стадії виробництва.
28. Класифікація помелів та їх характеристика.
29. Види сировини для виробництва борошна та її характеристика.
30. Підготовка зерна до помелу. Мета і способи.
31. Машинно-апаратурна схема виробництва борошна.
32. Характеристика сировини для молокопереробної промисловості.
33. Асортимент продукції молокопереробних підприємств.
34. З якого обладнання складається лінія виробництва пастеризованого молока?
35. Які стадії технологічного процесу виробництва сиру кисломолочного?
36. Які особливості процесу виробництва сиру?
37. Будова і принцип дії лінії виробництва вершкового масла.
38. Стадії технологічного процесу виробництва згущеного молока.
39. Етапи виробництва сухого молока.
40. В чому відмінність стадій технологічних процесів виробництва.
41. пастеризованого і сухого молока?
42. Сировина для виготовлення шоколаду.
43. Стадії виробництва шоколаду. Принципова технологічна схема виробництва шоколаду.
44. Машинно-апаратурна схема схеми виробництва шоколаду і какао-порошку.
45. Характеристика сировини та напівфабрикатів для виробництві олій.
46. Стадії технологічного процесу виробництва соняшникової олії.
47. Машинно-апаратурна схема виробництва соняшникової олії.
48. Стадії виробництва цукру з цукрових буряків.
49. Операції очищення цукрового соку. Поясніть, що передбачають операції фільтрування, дефекації, сатурації, сульфітації цукрового соку.
50. Принципова схема отримання цукру-піску з цукрового буряка.

51. Машинно-апаратурна схема виробництва цукру-піску з цукрових буряків.
52. Що відноситься до відходів цукрового виробництва.
53. Стадії виробництва ковбасних виробів.
54. Машинно-апаратурна схема лінії виробництва ковбасних виробів.
55. Характеристика сировини, напівфабрикатів і продукції хлібопекарського.
56. виробництва.
57. Стадії виробництва пшеничного хліба.
58. Машинно-апаратурна схема виробництва овальних виробів із пшеничного борошна.
59. Стадії виробництва житньо-пшеничного хліба.
60. Машинно-апаратурна схема приготування подового хліба з суміші житнього і пшеничного борошна.
61. Машинно-апаратурна схема виробництва багетів з використанням інноваційного способу.

Розділ 3.

Обладнання для зберігання, транспортування, підготовки сировини, тари та технологічного обладнання до основних виробничих процесів

Для забезпечення безперебійної роботи підприємства створюється необхідний запас сировини та допоміжних матеріалів. Необхідно відповідно до норм забезпечити не тільки запаси сировини, але і створювати необхідні умови зберігання. Сировина харчових підприємств, перш ніж надійти на перероблення, проходить стадії зберігання, транспортування і попередню підготовку.

Постачання на підприємство сировини та допоміжних матеріалів, переміщення їх у процесі перероблення, вивезення готової продукції вимагають відповідного обладнання і забезпечення необхідного рівня механізації вантажно-розвантажувальних робіт і внутрішньо-цехового транспортування.

Для виконання основних технологічних операцій сировину, напівфабрикати, тару і технологічне обладнання необхідно підготувати.

Від якості підготовки залежить хід технологічного процесу, вихід готового продукту, його збереження і собівартість.

На підприємства на перероблення надходить сільськогосподарська сировина і деякі види сировини, які є готовим продуктом для інших галузей промисловості (борошно, цукор, крохмаль, патока та інше).

В залежності від виду сировини та її характеристики, ступеню забруднення домішками застосовуються різні типи машин, які відрізняються за будовою і принципом роботи.

Для механізації процесів підготовки у харчовій промисловості використовують спеціальне обладнання, яке можна класифікувати за такими ознаками:

– обладнання для зберігання, транспортування та підготовки сировини
  - зберігання та транспортування сировини
  - очищення сировини від зовнішньої оболонки;
  - калібрування і сортування сировини;
  - очищення (відокремлення) сировини від домішок;
  - миття сировини;
– обладнання для підготовки тари та обладнання до основних виробничих операцій.
  - миття пляшок та банок;
  - миття лотків і ємностей;
  - миття резервуарів.

3.1. Обладнання для зберігання сировини

Сировина зберігається на складах харчових підприємств в рідкому або твердому стані.

За тарного зберігання сировини використовують:

– дерев'яні, сталеві, пластмасові бочки;
– паперові, тканинні мішки;
– пластмасові, дерев'яні, картонні ящики;
– скляні пляшки;
– пластмасові, бляшані банки та пляшки.

За зберіганні сипких видів сировини необхідно дотримуватись певних норм складування (штабелювання) та навантаження.

Для перероблення деяких видів сировини таких як картопля, цукровий буряк та інші коренеплоди на цукрових, спиртових, крохмале-патокових і консервних заводах для їх зберігання використовують відкриті майданчики або легкі навіси на яких сировина зберігається насипом або в кагатах.

Найбільшу кількість коренеплодів переробляють: цукрові, спиртові та крохмале-патокові заводи.

Сучасна технологія зберігання картоплі та цукрових буряків передбачає їх доставку на кагатне поле автомобільним транспортним, зважування, доочищення перед укладанням у кагати, зберігання у кагатах оптимальних розмірів, активну вентиляцію і контроль за температурою зберігання.

Цукрові буряки тривалого зберігання складують в кагати висотою 5м і більше та шириною в основі не менше 18м.

Довжина кагату залежить від розмірів майданчика та розміщення каналів гідро-транспортерів.

За потреби буряк подається скребковим буряконавантажувачем в гідро-транспортер.

Лотки гідро-транспортеру мають ширину 500–700 мм і ухил 18–22 мм на 1 м довжини.

Сплавляння буряка ведуть за допомогою потоку води, яка подається водоструминними насосами.

Картопля на спиртових і крохмале-патокових заводах зберігається і транспортується на завод подібним способом.

Для подавання картоплі з кагатного поля використовують гідро-транспортер з шириною лотка 200 мм. Ухил лотка 10–14 мм на 1 м довжини.

На підприємствах харчової та переробної промисловості для зберігання рідин і рідких розчинів використовують ємності різного об'єму і конструкцій.

Молоко, рослинна олія, дріжджовий концентрат транспортується в автоцистернах та зберігається безтарним способом у ємностях.

Більшість сировини в рідкому вигляді транспортується і зберігається у тарі: пластмасові бочки ємністю до 200 л, бідони, пластмасові та металеві банки.

Готова продукція харчових підприємств в рідкому вигляді (молоко, винно-горілчані вироби, пиво-безалкогольні та мінеральні напої, продукція консервних виробництв) розливають у скляні та поліетиленові пляшки та банки, укладається в стандартні ящики, штабелюється на піддони для зберігання і транспортуються вилковими навантажувачами.

Сіль на хлібозаводах зберігають, як правило, у рідкому стані.

3.2. Обладнання для транспортування сировини та напівфабрикатів

На харчових підприємствах широко використовується транспортувальні механізми для подавання сировини та допоміжних матеріалів із складських приміщень в цехи та готової продукції на склади.

Найбільшого поширення набули безрейкові пристрої: самохідні електровізки, електро штабелеукладальники та автотранспорт. Рідше застосовуються підвісні шляхи з електроталлю.

Для переміщення оброблюваного продукту з однієї машини або апарата до наступної в технологічних комплексно-механізованих лініях використовують різні транспортувальні пристрої, які виконують, як правило, і технологічні функції.

На харчових підприємствах використовуються механічні, а також пнемо і гідротранспортувальні пристрої.

Механічні транспортні пристрої служать як для міжопераційного зв'язку між окремими машинами і апаратами, та для переміщення продукту в процесі технологічного оброблення.

Стрічкові транспортери виконують тягові і транспортувальні функції та складаються з нескінченної стрічки, привідного та натяжного барабанів, змонтованих на металевій станині.

Стрічка транспортера в залежності від призначення і виду продукту може бути виконана з прогумованого бельтингу, сталі, а також із дротяної плетеної сітки, яка має велику поздовжню гнучкість.

Продуктивність стрічкових транспортерів залежить від ширини стрічки, її швидкості та висоти шару матеріалу на ній.

Ланцюгові транспортери. У ланцюговому транспортері тяговим органом є роликово-втулковий ланцюг, а роль транспортувального органу виконують пластини-скребки або ковші, прикріплені до ланцюгів. У пластинчастому транспортері два ланцюги, приводиться в рух зірочками, насадженими на привідний вал.

Уздовж станини транспортера встановлено напрямні кутники, що підтримують ролики ланцюга.

До ланцюгів прикріплені пластини таким чином, що утворюють рівну транспортувальну поверхню з мінімальними зазорами між пластинами.

Пластинчасті транспортери застосовуються для механізації трудомістких транспортних операцій, за необхідності виконання зовнішніх робіт, для транспортування матеріалів з високою і низькою температурою, великою масою і вологістю. Кут нахилу пластичного транспортера має не перевищувати куту тертя вантажу, який переміщується по матеріалу пластин.

Швидкість руху транспортера для штучних вантажів 0,3–0,9 м/с, для сипких – 0,1–0,6 м/с.

Скребкові транспортери застосовуються для переміщення сипких матеріалів

Елеватори або ковшові ланцюгові транспортери призначені для переміщення сипких і штучних матеріалів вертикально.

Шнековий транспортер застосовуються для транспортування сипких і пластичних матеріалів в горизонтальному та похилому напрямку, рідше в вертикальному на короткі відстані.

Шнековий транспортер складається з циліндричного корпусу, шнека, приводу, завантажувального бункера і розвантажувального отвору.

Частота обертання шнека 60–80 об/хв. Діаметр шнека не перевищує 300–400 мм. До їх переваг слід віднести простоту конструкції.

Гравітаційний транспортер. Принцип дії гравітаційних транспортерів заснований на використанні сили тяжіння. Набули поширення спуски кочення або рольганги та спуски ковзання, виконані у вигляді похилого жолоба.

Спуски ковзання – це жолоб виконаний з металу і встановлений під кутом нахилу більше кута тертя вантажу по поверхні жолоба.

Спуски ковзання застосовуються для переміщення вантажів з верхніх поверхів на нижні та виконуються часто у вигляді спіралей.

Гідравлічні установки застосовуються для подавання рослинної і тваринної сировини (цукрові буряки, яблука, томати та інше) з сировинних складів до мийних машин.

Гідравлічний транспортер – жолоб з бетону або сталі.

Найбільшого поширення набули жолоби прямокутної форми. Кут нахилу жолоба зазвичай становить 8–15 мм на 1 м довжини транспортера. Ширина транспортера вибирається з урахуванням кількості та розмірів сировини, яка має не застрягати і накопичуватись в транспортері.

Недоліком гідравлічного транспортера є велика витрата води, кількість якої в 4–5 разів перевищує масу матеріалу, що транспортується.

Зараз широко використовується **безтарне зберігання зерна та сипких матеріалів**, яке здійснюється в силосах та бункерах, які є закритими ємностями різного об'єму круглої або прямокутної форми в поперечному розрізі, виготовленні з листової сталі.

Склади силосного зберігання застосовуються для зерна на борошномельних, крохмале-патокових, пивоварних заводах; насіння олійно-жирової промисловості, борошна і цукру на хлібопекарських,

кондитерських та цукрових виробництвах.

Застосування безтарного способу дозволяє механізувати всі процеси, пов'язані зі зберіганням і підготовкою сировини, підвищити продуктивність і умови праці, знизити витрати.

На переважній більшості хлібопекарських підприємств борошно зберігається в складах безтарного зберігання борошна, які можуть бути відкритого та закритого типу. Використання складів відкритого типу зменшує капіталовкладення на будівництво.

Використання тарних складів для борошна допускається лише на підприємствах малої продуктивності. Доставлені мішки з борошном вивантажують вручну, а для їх подавання на склад використовують різноманітні механізми і пристрої: підйомники, спуски (гвинтові, похилі), ланцюгові й стрічкові транспортери, візки авто- та електрозавантажувачі, для їх пересування передбачається певна ширина проїздів. Борошно в мішках по 50–70 кг штабелюють трійниками на стелажах (піддонах) розмірами 1500×1000 мм або п’ятериками на стелажах 1500×1800 мм, висота стелажа 200 мм.

Переваги безтарного способу зберігання борошна і цукру:

- відпадає необхідність у тарі (мішках), її транспортуванні і ремонті;
- з'являється можливість повної механізації й автоматизації вантажно–розвантажувальних і складських робіт;
- покращуються санітарно-гігієнічні умови транспортування і зберігання сировини;
- зменшуються втрати сировини під час транспортування;
- можливість використання трубопроводів довільної конфігурації;
- зменшуються виробничі площі під складські приміщення.

Склади для зберігання і внутрішнього транспортування поділяють на: безтарного і тарного зберігання сировини; із: бункерним і контейнерним зберіганням.

Бункерні схеми можуть мати механічний, пневматичний, аерозольний і змішаний транспорт.

Широко використовується транспортування борошна гнучкими спіральними транспортерами (спіроматиками).

Борошно на підприємства з безтарним зберіганням привозиться автоборошновозами. Завантажують його гравітаційним транспортом, а розвантажують аерозольним за допомогою компресорних установок, змонтованих на транспортних засобах.

Місткість автоборошновозів відповідно 7000, 7000, 7000 і 12500 кг, а вагона-борошновоза – 50000 кг.

В складах безтарного зберігання борошна для його транспортування широко використовується **пневмотранспорт**. Його використання грунтується на властивості сипких та пилеподібних матеріалів рухатися в потоці повітря.

За величиною створюваного тиску в системі пневмотранспорт поділяється на низького тиску (0,005 МПа), середнього (0,01 МПа), високого тиску (0,05–0,25 МПа) або аерозольтранспорт.

Пневмотранспорт в залежності від способу утворення перепаду тиску поділяється на: всмоктувальний, нагнітальний та змішаний.

На хлібопекарських підприємствах найбільшого застосування отримав нагнітальний пневмотранспорт високого тиску і з високою масовою концентрацією суміші.

Суть даного способу транспортування полягає в тому, що матеріалу надаються властивості, які наближають його до властивостей рідини. Це досягається шляхом насичення пилеподібного матеріалу повітрям, що призводить до зменшення коефіцієнта тертя та насипної густини і створюється можливість легко транспортувати в трубопроводі. За застосування пневмотранспорту низького та середнього тиску, борошно транспортується в зваженому стані.

Співвідношення кількості борошна та повітря характеризується показником, що називається масовою концентрацією борошна та показує кількість кілограм борошна, що переноситься 1 кг стисненого повітря.

Переваги аерозольтранспорту в порівнянні з пневмотранспортом низького і середнього тиску:

- можливість транспортування по складних трасах в будь-якому напрямку на великі відстані та піднімати на висоту до 100 м;
- відносно менша витрата повітря;
- більша масова концентрація борошна;
- менший діаметр трубопроводу, менша металоємність траси.

До недоліків слід віднести потребу в складних спонукачах руху повітря – компресорах.

Перемикачі призначені для зміни напрямку потоку борошна з магістрального напряму на розгалуження, які ведуть до силосів.

Вони бувають дво-, трьох- і шести позиційні з ручним, пневматичним або електромеханічним приводом пробки.

Таблиця 3.1

Порівняльна характеристика аерозольтранспорту

Показники	Пневмотранспорт низького тиску	Пневмотранспорт високого тиску (аерозольтранспорт)
Масова концентрація борошна, кг/кг	0,5–5	70–200
Швидкість повітря, м/с	16–25	7–14
Діаметр трубопроводу, мм	100–200 до 400	38-100
Тиск, МПа	0,002–0,005	0,1–0,3
Питома витрата електроенергії, кВт/год	2,0	1,0–2,5

Експлуатуючи аерозольтранспортні установки, слід дотримуватися таких правил:

- усі рухомі деталі установок мають бути огороджені для захисту від попадання одягу та частин тіла людини;
- установки і їх частина, до яких підводиться електричний струм, повинні бути заземлені відповідно до правил експлуатації обладнання і електроустановок-споживачів;
- компресори, ресивери, масляні й повітряні фільтри, які працюють за підвищеного тиску, мають відповідати правилам експлуатації компресорів, а також ємностей, які працюють під тиском, тобто мати відповідні манометри та запобіжні клапани, проходити внутрішній огляд і гідравлічні випробування за підвищеного тиску;
- забороняється робота установок за несправних манометрів і запобіжних клапанів, під час зростання тиску понад установлені норми.

На рисунку 3.1 наведена машинно-апаратурна схема складу безтарного зберігання борошна з аерозольтранспортною установкою.

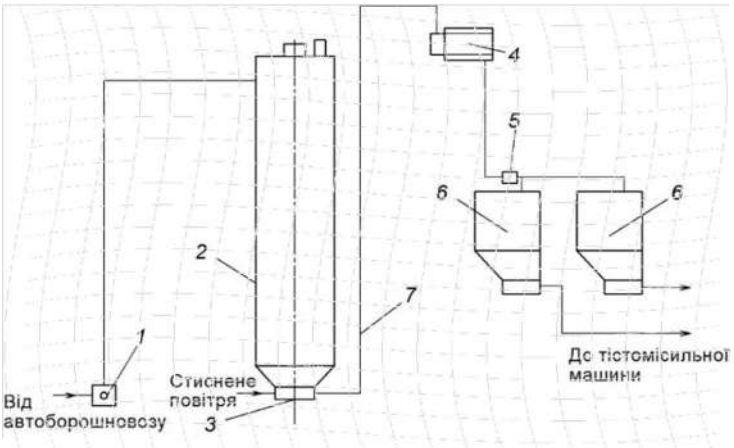


Рисунок 3.1. Машино-апаратурна схема аерозольтранспорту:
1 – щиток приймальний; 2 – силос; 3 – роторний живильник;
4 – пневматичний просіювач; 5 – перемикач; 6 – виробничий силос;
7 – трубопровід.

Борошно доставляється автоборошновозом і вивантажується в силос складу безтарного зберігання, як правило компресором, що встановлений на автоброшновозі. Під опорами силосу встановлені тензодатчики для обліку кількості борошна. Із силосу борошно вивантажується за допомогою роторного живильника, який утворює борошняно-повітряну суміш, яка рухається по трубопроводу до просіювача. У випадку використання пневматичного просіювача повітряно-борошняна суміш після просіювання рухається далі по трубопроводу.

Якщо встановлені просіювачі з механічним просіюванням, перед просіювачем встановлюється бункер з фільтром для відділення повітря. Після просіювання для подальшого транспортування борошна по трубопроводу аерозольтранспортом встановлюється живильник. Схема представлена на рисунку 3.2.

На середніх і малих підприємствах, а також на підприємствах з кондитерськими цехами доцільно використовувати пружинні системи, або їх ще називають спіроматиками (рисунок 3.3).

\ Головним елементом транспортної системи є гнучкі спіральні шнеки, виготовлені із пружної сталі і труби із харчового поліхлорвінілу діаметром 76, 90 і 125 мм. Спіраль приводиться в обертальний рух від двигуна-редуктора.

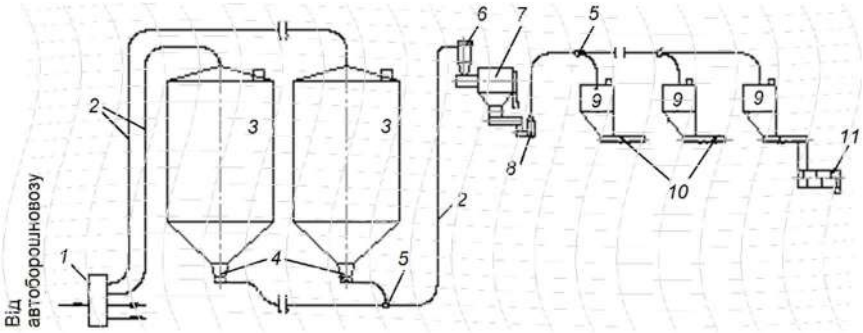


Рисунок 3.2. Схема аерозольтранспорту:
1 – приймальний щиток; 2 – трубопровід; 3 – силос у складі БЗБ;
4 – роторний (шлюзовий) живильник; 5 – перемикач; 6 – бункер;
7 – просіювач; 8 – шнековий живильник; 9 – виробничий силос; 10 – шнек;
11 – тістомісильна машина.

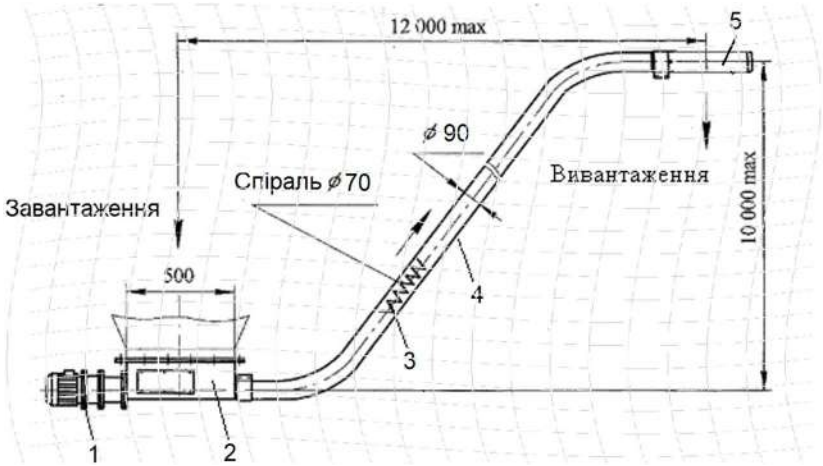


Рисунок 3.3. Схема спіроматика:
1 – двигун-редуктор; 2 – завантажувальний патрубок; 3 – спіраль;
4 – трубопровід; 5 – вивантажувальний патрубок.

Переваги спіральних систем транспортування: незначні габарити, низька енергоємність, відсутність пилу, простота монтажу та ремонту, відпадає потреба в компресорних станціях. Системи найбільш ефективні на трасах довжиною до 100 м і продуктивністю 3,5 т/год.

До недоліків слід віднести ускладнене транспортування на вертикальних ділянках та втрата потужності на таких ділянках, необхідно щоб кут виходу спіралі був не більше 60°, швидке зношення спіралі, залишки борошна в спіралі.

Для приймання та безтарного зберігання борошна використовуються **силоси і бункери**. Ємності виготовляють із листової сталі, монолітного або збірного залізобетону, пластичних матеріалів, алюмінію, покритої алюмінієм сталі.

За формою ємності можуть бути циліндроконічними, або прямокутними з пірамідальним дном. Ємності, в яких відношення висоти (без конусної частини) до діаметру або меншого розміру поперечного перерізу більше або дорівнює 1,5, називаються *силосами*, а якщо менше – бункерами.

Найбільш широко для приймання і зберігання борошна використовуються силоси (рисунок 3.4) – це циліндро-конічні ємності, виготовленф із листової сталі, конічна частина має кут нахилу 60°. Силос має люки для очищення, ремонту і огляду, які герметично закриваються.

Для попередження утворення та руйнування склепінь в нижній частині корпусу передбачено вісім продувних труб (чотири спрямовані вгору, дві – вниз), рівномірно розміщених по колу і з'єднаних колектором з патрубками для стисненого повітря. Повітря подається імпульсами.

Під стійками силосу встановлюються тензометричні датчики.

Зовнішній діаметр силосів зазвичай 2,5–5 м, об'єм може складати до 60 м^3.

Недоліком силосу є те, що він не вписується в сітку колон.

Для зберігання борошна використовуються **бункери** (рисунок 3.5) об'ємом до 60 м^3, які складаються із днища з двома аерожолобами, нижньою, середньою, верхньою секціями та кришкою.

Аерожолоби розміщені під кутом 12° до горизонту і складаються із керамічних пористих плит, покритих зверху бельтингом. Під керамічні плити подається повітря для течії борошна під час розвантаження.

Під час експлуатації силосів необхідно один раз на місяць повністю розвантажувати, очищати і дезінфікувати його внутрішню поверхню, очищення проводять також під час переходу з сорту на сорт.

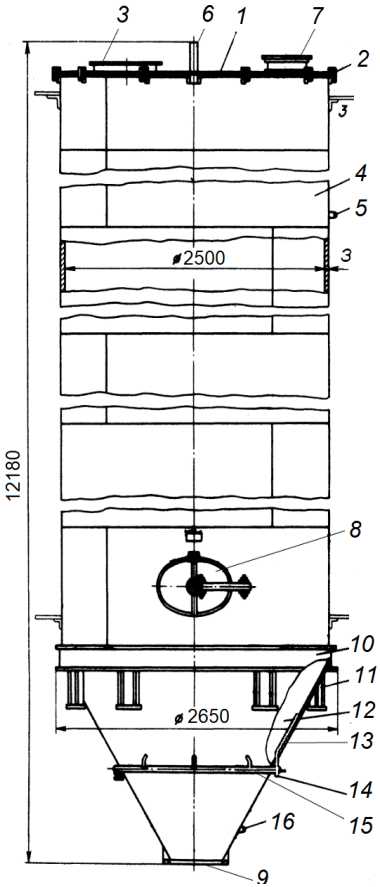


Рисунок 3.4. Силос для борошна ХЕ-160А:
1 – кришка;
2 – кріплення кришки;
3 – люк;
4 – циліндрична частина;
5, 16 – датчики рівня;
6 – завантажувальний патрубок;
7 – отвір для фільтра;
8 – люк;
9 – розвантажувальний отвір;
10 – швелерне кільце;
11 – стійки;
12 – конусна основа;
13 – продувні труби;
14 – колектор;
15 – патрубки колектора

Перспективним напрямом в складах безтарного зберігання борошна є використання **силосів (біг-бегів)** із міцного синтетичного матеріалу (склопластик, тканина) різноманітної конфігурації місткістю 0,5–40 т, бувають з завантажувальними та розвантажувальними клапанами, різноманітні за висотою і шириною (рисунок 3.7).

Густина тканини підбирається в залежності від навантаження.

Вивантаження відбувається за допомогою пневмотранспорту або спіроматиками.

На невеликих підприємствах можуть використовуватися одночасно для зберігання і транспортування борошна.

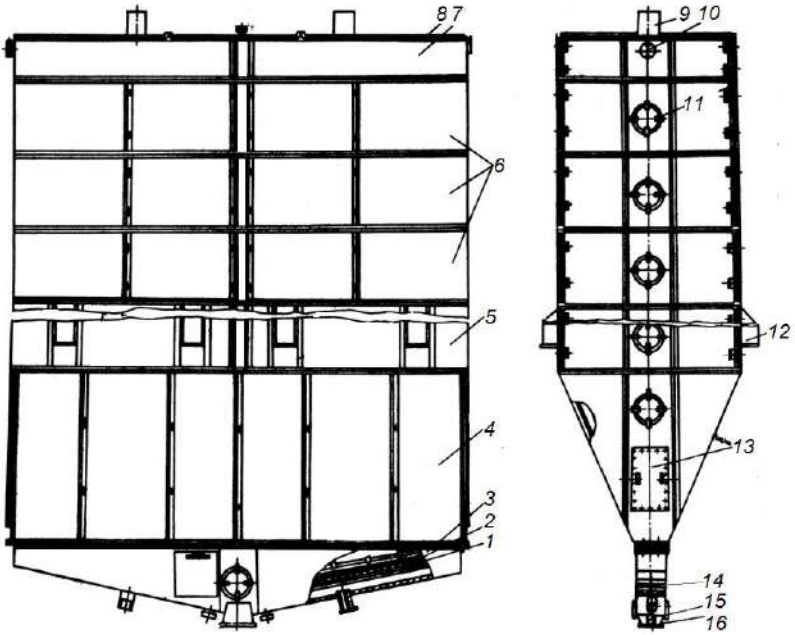


Рисунок 3.5. Бункер для борошна:
1 – керамічні пористі плити; 2 – бельтингові покриття; 3 – днище; 4 – нижня секція; 5 – опорна секція; 6 – середня секція; 7 – верхня секція; 8 – кришка; 9 – світильники; 10 – завантажувальні патрубки; 11 – оглядові вікна; 12 – опори; 13 – люк; 14 – патрубки стисненого повітря; 15 – патрубок конденсату; 16 – вивантажувальний патрубок.

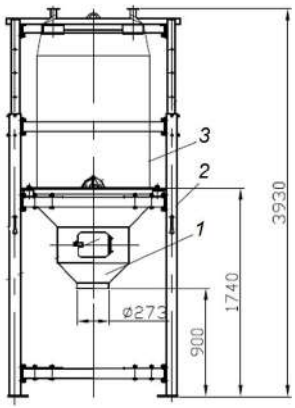


Рисунок 3.7. Силосна установка із біг-бегом:
1 – розвантажувач;
2 – стійка;
3 – м'який контейнер

Для вивантаження борошна із ємностей в системі аерозольтранспорту використовуються **живильники**, які створюють певну концентрацію борошна зі стиснутим повітрям і подають її в борошнопровід. Живильники бувають безперервної дії: барабанні (роторні, шлюзові) і шнекові, та періодичної дії – камерні.

Роторний живильник (рисунок 3.8) призначений для подавання борошняно-повітряної суміші в борошнопровід аерозольтранспорту

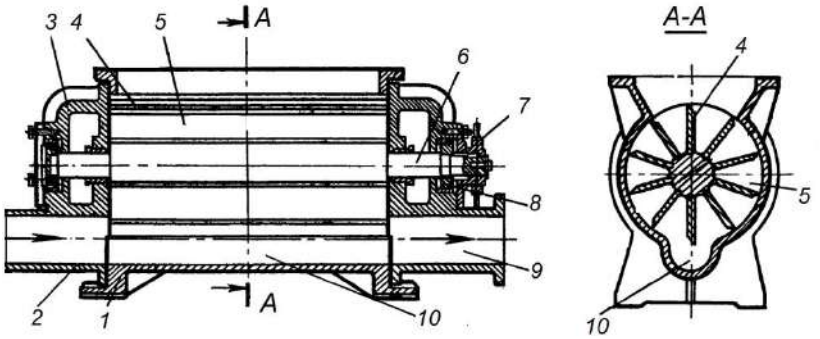


Рисунок 3.8. Роторний живильник:
1 – чавунний корпус; 2 – патрубок для стисненого повітря: 3 – бокова кришка; 4 – поздовжні перегородки, 5 – ротор; 6 – вал ротора; 7 – привідна зірочка; 8 – опорні підшипники; 9 – патрубок борошняно-повітряної суміші; 10 – пневмоканал.

Основним елементом є циліндричний ротор діаметром 200 мм, по твірній якого виконано десять поздовжніх відсіків-комірок для транспортування матеріалу. Розподільчі ребра розміщені під кутом 7–10° до осі ротора. Живильник оснащений пневматичним пристроєм для підведення стисненого повітря до нижньої частини корпусу.

Борошно через верхній отвір корпусу заповнює відсіки, які з поворотом ротора переміщуються вниз і з'єднуються з пневмоканалом. Стиснене повітря подається через патрубок, змішується з борошном, надходить через протилежний патрубок і подається в трубопровід.

Продуктивність роторного живильника 2–7,5 т/год, питома витрата електроенергії на 1 т за даними випробувань 0,6 кВт на год.

До недоліків роторного живильника слід віднести високі втрати повітря до 80%.

За необхідності подавання борошна на висоту більше 30 м і довжину 100 м використовують шнекові живильники (рисунок 3.9).

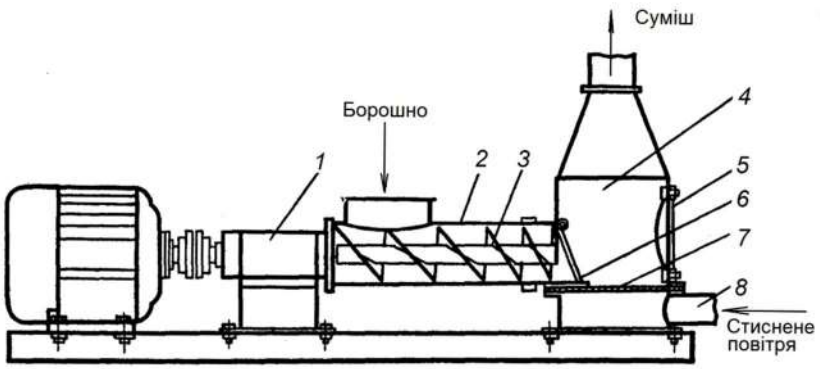


Рисунок 3.9. Шнековий живильник: 1 – корпус підшипника; 2 – корпус шнекової камери; 3 – шнек; 4 – аераційна камера; 5 – кришка; 6 – клапан; 7 – бельтингова перегородка; 8 – патрубок для стисненого повітря.

Борошно подається через завантажувальний патрубок, захоплюється шнеком і транспортується в бік аерокамери, в зв'язку зі зменшенням кроку шнека дещо ущільнюється біля входу в аерокамеру, утворюючи пробку, яка перешкоджає проникненню повітря в корпус шнека. Для цієї ж мети служить шарнірно встановлений клапан перед входом в аерокамеру. Борошно в верхній частині аерокамери підхоплюється повітрям, яке подається через патрубок під бельтингову перегородку і утворена борошняно-повітряна суміш подається в борошнопровід.

Продуктивність шнекового живильника 4,9–7,2 т/год, за частоти обертання шнека 700–1400 об/хв. В шнекових живильниках в порівнянні з барабанними значно вищий коефіцієнт використання повітря, втрати повітря становлять до 20%.

Камерні живильники періодичної дії (рисунок 3.10) забезпечують велику продуктивність зва відсутності втрат повітря та ефективно використовуються на довгих трасах з великим опором.

Борошно через приймальний патрубок заповнює корпус, і, коли вага живильника з борошном досягне встановленої величини, електроконтакт на коромислі замикається та вмикається електромагнітний прилад виконавчого механізму, який через

систему важелів закриває приймальний клапан і перекриває надходження борошна в корпус. Одночасно відкривається електромагнітний вентиль і стиснене повітря проходить через пористу перегородку, змішується з борошном і за досягнення відповідного тиску витискається у продуктопровід.

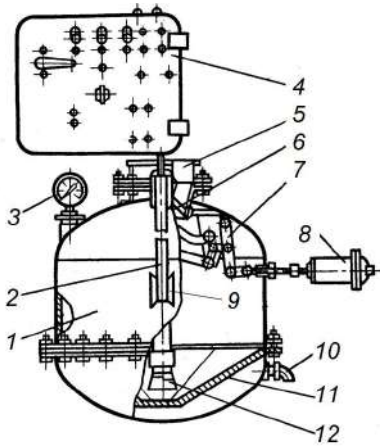


Рисунок 3.10. Камерний живильник:
1 – циліндричний корпус;
2 – тяга;
3 – контактний манометр;
4 – ваговий пристрій;
5 – приймальний патрубок;
6 – конусний клапан;
7 – система важелів;
8 – пневматичний виконавчий механізм;
9 – лапа;
10 – патрубок подачі стисненого повітря;
11 – пориста перегородка;
12 – труба для вивантаження борошна

Після звільнення від борошна живильника і повітропроводу тиск падає, контактний манометр надсилає сигнал на перекриття подачі повітря під днище, відкривається приймальний патрубок і цикл повторюється.

Для безперервного транспортування встановлюють по два камерних живильники, які працюють синхронно.

Для забезпечення системи аерозольтранспорту стисненим повітрям до 0,1–0,5 МПа на хлібопекарських підприємствах встановлюються компресорні установки, які розміщуються в окремому приміщенні. Також можливе використання повітродувок, що значно спрощує процес отримання стисненого повітря.

В кожній компресорній установці (рисунок 3.11) передбачено масловологовідділювач, ресивер (ємність великого об’єму для вирівнювання перепадів тиску) із запобіжним клапаном і спускним краном, повітроочищувач, манометр і редуктор для зниження тиску.

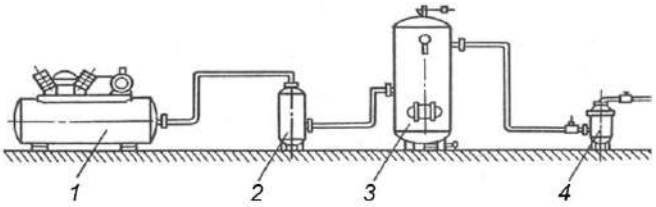


Рисунок 3.11. Схема обладнання компресорної станції:
1 – компресор; 2 – масловологовідділювач;
3 – ресивер; 4 – повітроочищувач

На хлібопекарських підприємствах використовуються повітряні поршневі компресори з водяним і повітряним охолодженням.

Для обліку борошна та додаткової сировини застосовуються тензометричні пристрої. Їх робота ґрунтується на вимірюванні електричного опору провідника під час деформації в результаті руху рухомих частин механізмів.

3.3. Обладнання для підготовки сировини, напівфабрикатів та обладнання до основних технологічних операцій

Сировина, що надходить на виробництво, у більшості випадків вимагає попередньої підготовки. Вона забруднюється сторонніми домішками під час збирання, зберігання та перевезення на підприємства. Крім того, в багатьох випадках попередньо необхідно здійснити очищення сировини від зовнішньої оболонки. Тому, до початку її безпосереднього перероблення вона підлягає підготовчим операціям – очищенню і сепаруванню від домішок мінерального і органічного походження, очищенню від зовнішньої оболонки, сортуванню, калібруванню та миттю.

Очищенням називають процес відділення сторонніх сумішей із вихідної сировини.

Сепарацією (від латинського *separatio* – відділення) називають процес розділення на складові частини твердих або рідких сумішей.

Сортуванням називають процес сепарації різнорідних за розмірами компонентів.

Калібруванням називають процес розділення продуктів на групи наближено за однаковими розмірами, за формою та масою.

Всі домішки можна умовно поділити на три групи:

- *важкі* – ті, що мають густину більшу, ніж густина води;
- *легкі* – ті, що мають густину меншу, ніж густина води, плавають на її поверхні;
- *феромагнітні* – металеві, що мають магнітні властивості.

3.3.1. Обладнання для відділення легких домішок

Під час перероблення рослинної сировини, яка надходить на харчові підприємства постає завдання з видалення легких домішок у вигляді соломи, гички, стеблин, колосків тощо.

Так, в цукровій промисловості під час подавання цукрового буряка на виробництво для вловлювання та видалення легких домішок використовуються **соломовловлювачі**, які встановлюються в жолобі гідротранспортера на відкритих ділянках. В місці встановлення соломовловлювача гідротранспортер повинен мати розширення не менше, ніж на 100 мм з метою зменшення швидкості потоку сировинної суміші до 0,2–0,3 м/с і створення умов для випливання та вловлювання легких домішок.

На харчових підприємствах застосовуються два типи грабельних соломовлювачів – ланцюгові та ротаційні.

Ланцюгові грабельні соломовлювачі, залежно від типу конструкції каркасу, поділяються на три види:

- трикутний з трьома парами “зірочок” і “роликів” у вершинах каркасу, що має контур прямокутного трикутника;
- прямокутний двозірковий, в якому дві пари “зірочок” змонтовані в одній горизонтальній площині каркасу, що має вигляд прямокутника або трапеції;
- прямокутний чотиризірковий, в якому чотири пари “зірочок” і “роликів” змонтовані в двох горизонтальних площинах каркасу, що має вигляд прямокутника.

Трикутний соломовловлювач (рисунок 3.12). Під час руху потоку суміші коренеплодів з водою в гідротранспортері граблі своїми зубцями захоплюють плаваючі домішки та піднімають їх вгору. У верхньому положенні граблі перекидаються на відбійний барабан, під час цього вони струшуються, а вловлені ними домішки падають на лоток та виводяться у спеціальну ємність.

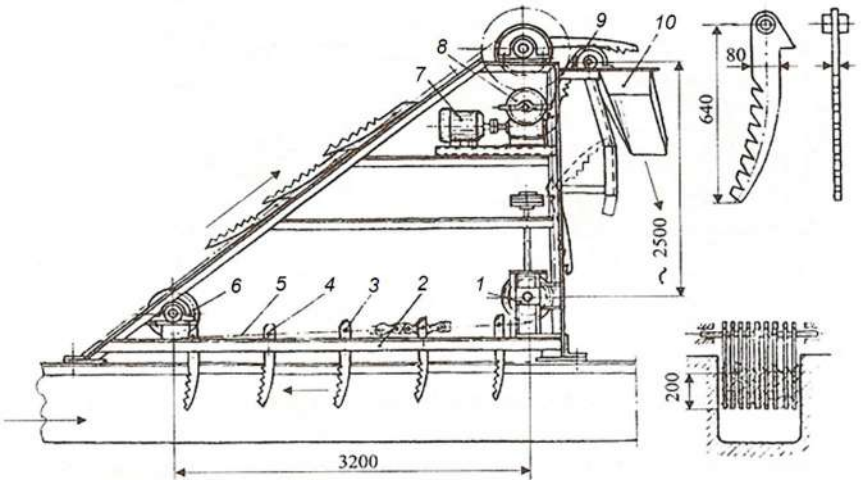


Рисунок 3.12. Трикутний соломовловлювач:
1 – натяжний пристрій; 2 – каркас; 3 – вісь; 4 – граблі; 5 – втулково-роликовий ланцюг; 6 – "зірочки"; 7 – електродвигун; 8 – редуктор; 9 – відбійний барабан; 10 – лоток.

Для підвищення ефективності вловлювання легких домішок, які рухаються в придонному шарі суміші, перед соломовловлювачами ставлять гичкоопідйомники. В місці їх встановлення дно лотка гідротранспортера перфороване і закрите з зовнішнього боку коробкою, в яку вентилятором подається повітря. Прилипання бульбашок повітря до поверхонь домішок і висхідний потік водоповітряної суміші сприяють випливанню легких домішок на поверхню потоку та їх подальшому вловлюванню.

Основним недоліком соломовловлювача є відносно неповне відділення плаваючих домішок за рахунок того, що граблі лише одноразово струшуються на відбійному барабані і тому багато домішок повертається в гідротранспортер.

3.3.2. Обладнання для відділення важких домішок

Видалення важких домішок із сировини, яка надходить на виробництво, є досить важливим процесом, особливо, коли сировина далі подрібнюється. Це необхідно для запобігання руйнування робочих органів та отримання кінцевої високоякісної продукції.

Для видалення важких домішок з водної суміші застосовуються різні типи машин за своєю конструкцією та призначенням. Так, для видалення важких домішок з водної суміші коренеплодів в харчовій промисловості застосовуються **каменевловлювачі** (рисунок 3.13)**.** Принцип їх роботи ґрунтується на розділенні суміші складових із різною густиною.

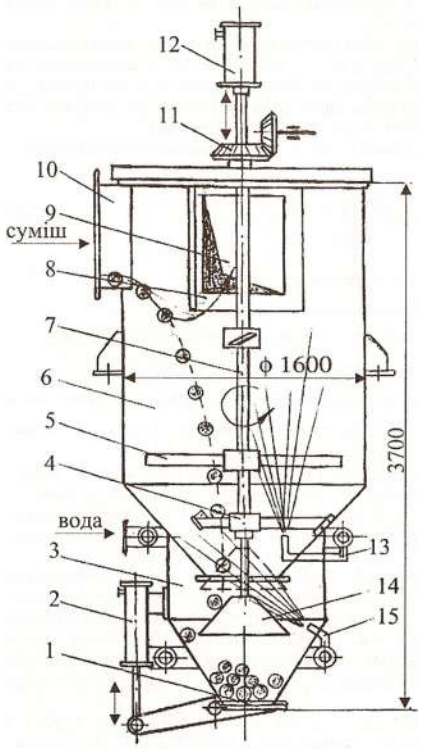


Рисунок 3.13. Каменевловлювач системи Рауде:
1 – кришка бункера;
2 – гідроциліндр;
3 – приймальний бункер для важких домішок;
4 – підп'ятник;
5 – лопатева мішалка;
6 – вертикальний циліндричний корпус з конічною нижньою частиною;
7 – порожнистий вал;
8 – засувка;
9 – вихідний отвір;
10 – вхідний отвір;
11 – конічна передача;
12 – гідроциліндр;
13, 15 – сопла;
14 – конічний клапан.

Принцип роботи полягає в тому, що під час обертання мішалки в корпусі утворюються сильні потоки суміші, які біля валу спрямовані вниз, а на периферії – догори. Коренеплоди, які надходять в бункер через вхідний отвір 10, спочатку рухаються вниз, а потім під дією лопатей мішалки 5 і струменів води з сопел 13 і 15, піднімаються вгору і виходять з каменевловлювача через вихідний отвір 9. Важкі домішки мають більшу густину, ніж коренеплоди, а тому опускаються вниз і збираються в приймальному бункері 3. Під час роботи отвір конічної частини каменевловлювача відкритий, а клапан 14 знаходиться в нижньому положенні.

Під час очищення отвір в конічній частині закривається клапаном 14 за допомогою гідроциліндра 12. За допомогою гідроциліндра 2 відкривається кришка 1 і домішки вивантажуються з каменевловлювача. Після очищення закривається кришка 1 та опускається клапан 14.

Ступінь вловлювання домішок становить близько 94%.

Недоліком в роботі каменевловлювача є те, що під час очищення разом з домішками витрачається багато води та вивантажується велика кількість коренеплодів, для збирання яких потрібно використовувати ручну працю. Для підтримання коренеплодів в завислому стані у каменевловлювач необхідно додатково подавати близько 80% води да маси коренеплодів.

Продуктивність каменевловлювача визначається за формулою:

$$G = \frac{24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot V \cdot \phi \cdot \rho \cdot \varepsilon}{10 \cdot Q \cdot \tau}, \quad \text{т/добу,}$$

V – об'єм каменевловлювача, м^3;

ϕ = 0,7 – коефіцієнт заповнення;

ρ = 1000 кг/м^3 – об'ємна густина суміші води та коренеплодів;

ε = 1 – коефіцієнт використання за безперервної роботи;

Q – кількість суміші і коренеплодів,% до маси коренеплодів;

τ = 30 с – тривалість перебування коренеплодів в каменевловлювачі.

Для попереднього очищення зерна від великих домішок (камені, стеблини рослин тощо) використовують **барабанний скальператор** (рисунок 3.14).

Всередині корпусу скальператора 2 розташований відкритий з одного боку обертальний ситовий барабан 3, який складається із сферичного днища, приймальної частини сита з отворами 25×25 мм та сходової – з отворами 10×10 мм. До внутрішньої поверхні сходової частини ситового барабана приварена гвинтоподібна лопать.

Робота скальператора плягає в послідовному очищенні зерна від крупних домішок. Вихідна зернова суміш рівномірно через приймальний патрубок лотком надходить всередину приймальної частини ситового барабана. Проходячи через отвори барабана, зерно звільняється від крупних домішок, виводиться з машини та подається на наступне очищення. Домішки, поступово переміщуючись до відкритої сходової частини ситового барабану, скидаються гвинтовою лопаттю у патрубок для відходів.

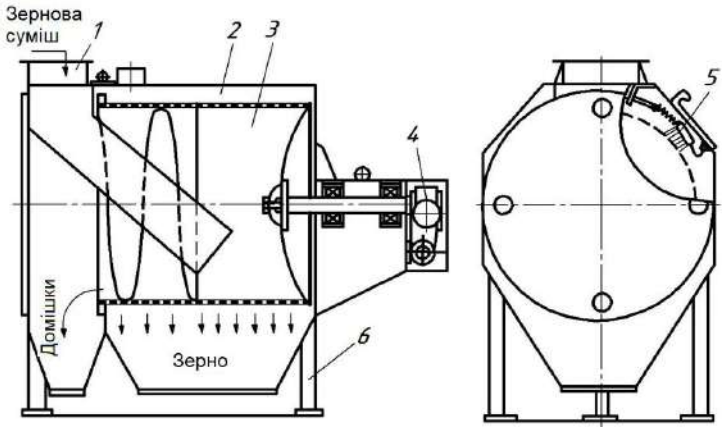


Рисунок 3.14. Барабанний скальператор:
1 – приймальний пристрій; 2 – корпус; 3 – ситовий барабан; 4 – привід; 5 – щітка – очисник з еластичними прутками; 6 – опори.

На ефективність роботи скальператора впливає частота обертання ситового барабана, розміри комірок сита та ступінь очищення сит. Відмінною особливістю скальператора є висока його ефективність очищення від грубих домішок, простота заміни сит та висока надійність роботи.

3.3.3. Обладнання для відділення феромагнітних домішок

Феромагнітні домішки, не вловлені на попередніх стадіях очищення сировини, а також ті домішки, утворюються у процесі перероблення сировини, вловлюються **електромагнітними сепараторами**. Їх застосовують для видалення домішок із митих коренеплодів, жому перед брикетуванням висушеного цукру, зерна та солоду перед подрібненням.

Принцип дії базується на притягуванні феромагнітних домішок магнітним полем, яке створюється під час проходження через котушки сепаратора постійного струму. Електромагнітні сепаратори бувають барабанного та підвісного типів.

Електромагнітний сепаратор (рисунок 3.15) призначений для відокремлення від зерна феромагнітних домішок. В корпусі розміщений обертальний барабан *2*, виготовлений з матеріалу, що не володіє феромагнітними властивостями та внаслідок чого є

непроникним для магнітного поля. Всередині барабана нерухомо встановлений електромагніт *4,* який створює магнітне поле. Він складається з сердечника та котушок, які живляться постійним струмом.

Рисунок 3.15. Електромагнітний сепаратор:
1 – корпус;
2 – барабан;
3 – штуцер для входу зерна;
4 – електромагніт;
5 – штуцер для виходу зерна;
6 – штуцер для відведення домішок.

Через штуцер 3 зерно надходить на обертальний барабан по всій його довжині рівномірним шаром товщиною не більш 10 мм зі швидкістю 0,5–1,5 м/с. Металеві частинки, які знаходяться в області дії магнітного поля, притягуються до поверхні барабана та на ній переносяться до нижньої частини корпусу, де дія магнітного поля закінчується. Феромагнітні домішки відокремлюються від поверхні барабана та відводяться з сепаратора.

Переваги електромагнітних сепараторів:

- їх магнітне поле більш сильне та стабільне в часі;
- вивантаження домішок здійснюється автоматично.

Обладнання для просіювання та сортування сипкої сировини. Обладнання, яке застосовується для просіювання та сортування, в залежності від вихідної сировини, є різноманітним за конструкцією та принципом дії.

В основі принципів очищення сировини закладені відмінності у їх лінійних розмірах, густині, аеродинамічних та феромагнітних властивостях.

Конструкції машин і процес поділу сипких сумішей розглянуто в розділі 4.

3.3.4. Обладнання для миття сировини та очищення від зовнішньої оболонки

Сировину, яка надходить на харчові та переробні підприємства очищають та миють. Миття є одним із основних технологічних процесів, який впливає на якість кінцевого продукту. Інтенсивність його залежить від природи забруднення, складу та характеру руху мийної рідини, її температури тощо.

Забруднення може бути як мінерального, так і органічного походження. Сировина, як правило забруднена частинками ґрунту, піску, а також соком пошкоджених плодів.

Машини для миття сировини класифікуються наступним чином:

- **шприцювальні**, які в свою чергу поділяються на лінійні, обертальні та машини з обертально-коливальним рухом, використовуються для миття ягід, кукурудзи, коренеплодів та бобових;
- **відмочувальні** – до них відносяться лопатеві, які призначені для миття коренеплодів;
- **відмочувально-шприцювальні,** які в свою чергу поділяються на:
- **стрічкові**: елеваторні, вентиляторні і щіткові, які призначені для миття овочів та плодів;
- **комбіновані гравітаційно-барабанні**, які призначені для миття бобових.

Для миття сировини використовується проточна чи оборотна водопровідна вода. Після відмочування забруднення з поверхні сировини видаляються щітками чи рідинними струменями.

Лопатева мийна машина (рисунок 3.16) призначена для попереднього миття коренеплодів.

Продукт завантажують в бункер, а з нього перевантажують у відділення попереднього відмивання, де він перемішується і очищається від бруду. Частинки бруду осідають на дні і періодично виводяться з машини через зливний люк 6. Конструкція машини передбачає можливість сухого очищення коренеплодів від бруду, для чого повністю відкривають зливний люк, а подачу води у відсік попереднього миття обмежують до 0,2 $м^3$/год.

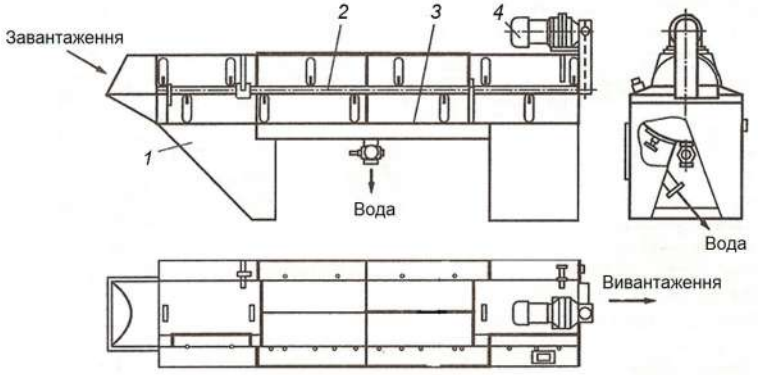


Рисунок 3.16 Лопатева мийна машина:
1 – станина; 2 –лопатевий вал; 3 – барабан; 4 – привід

Лопатевий вал проходить через три відсіки, забезпечуючи переміщення та перемішування сировини з першого відсіку в другий та вивантаження її через вікно. Барабан – це перфорована в нижній частині оболонка, яка розташована у відсіку головного миття. Через отвори у нижній частині барабана частинки піску і бруду осідають на дно ванни. Барабан закріплюють двома фіксаторами. Вода в машину подається через колектор із запірним краном, рівень якої у ванні підтримується переливним патрубком

Уніфіковані мийні машини (рисунок 3. 17) призначені для миття різних овочів та плодів (крім коренеплодів, для яких потрібно попереднє відмочування).

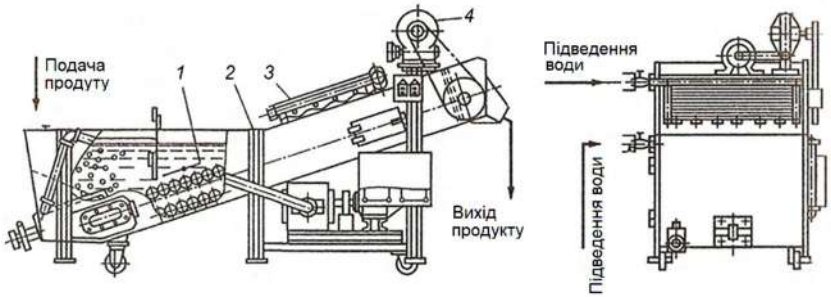


Рисунок 3.17. Лінійна мийна машина:
1 – ванна; 2 – роликовий конвеєр; 3 – душовий пристрій; 4 – привід.

Всі вузли мийної машини змонтовані на каркасі ванни.

Під час роботи машини плоди подаються у мийний простір ванни безперервно. Для інтенсифікації миття плоди активно перемішуються за допомогою стиснутого повітря, яке підводиться від нагнітача. Вимиті плоди з мийного простору переміщуються похилим транспортером, у верхній частині якого вони ополіскуються водою із струминного пристрою.

Вивантаження продукту відбувається через лоток, що регулюється по висоті. Величина шару продукту, що надходить на транспортерне полотно, регулюється заслінкою. Вода, що надходить у ванну через струминний пристрій, видаляється через зливну щілину. Чищення ванни проводиться через люк і бокові вікна.

Машини для миття зерна класифікуються за наступними ознаками:

- *за способом перемішування зерна* (механічне або пневматичне);
- *за конструктивними особливостями*, до яких можна віднести пристрій для розподілення зерна по поверхні апарата (відбійний ковпак або сегнерове колесо), пристрій для видалення сплаву (сплавна коробка або телескопічна сплавна труба), вид конструкційного матеріалу тощо.

Машина для миття зерна представлена на рисунку 3.18.

Кут нахилу конічного днища становить 60°. В центрі машини встановлена циркуляційна труба 3, всередині якої розташований вал із закріпленим на ньому пропелерними мішалками 4. Вал обертається від електропривода. Над циркуляційною трубою встановлений відбійний ковпак 7. Для вловлювання легких пошкоджених зерен, які спливають, соломи, гички до верхнього краю прикріплена сплавна коробка 9 із сіткою-уловлювачем 10. В нижній частині днища розташований розподільний конус 1 з подвійною стінкою, внутрішня стінка конуса перфорована. Свіжу воду подають через міжстіночний простір розподільного конуса, в який вона надходить з патрубка, привареного до зовнішньої стінки конуса.

Зерно періодично завантажують зверху, а знизу подають воду, яка рівномірно розподіляється через отвори перфорованої стінки розподільчого конуса.

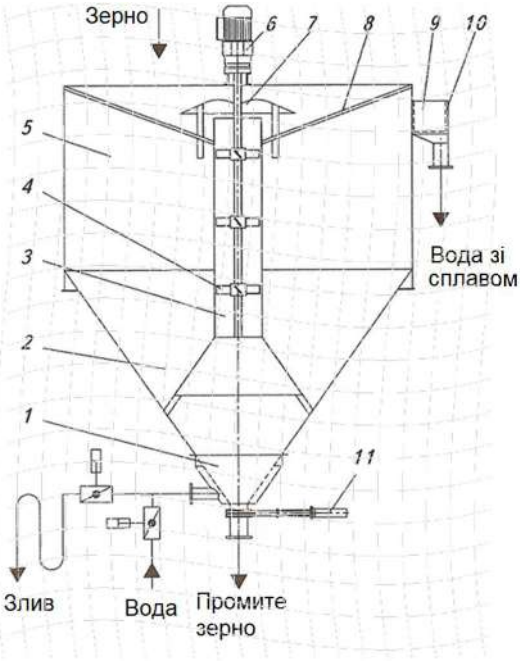


Рисунок 3.18 Машина для миття зерна:
1 – розподільчий конус; 2 – конічне днище; 3 – циркуляційна труба;
4 – перемішувальні пристрої; 5 – циліндричний корпус; 6 – електропривід;
7 – відбійний ковпак; 8 – підтримуючий пристрій; 9 – сплавна коробка;
10 – уловлювач сплаву; 11 – шибер

В процесі миття зерно з водою циркулює за допомогою мішалок по центральній трубі. Забруднення видаляються з надлишком води через верхній край в сплавну коробку, сплав затримується та накопичується в сітці 10. Вимите зерно відводять знизу через штуцер, який перекривається шиберною засувкою.

Продуктивність лінійних мийних машин визначається продуктивністю робочого транспортера.

3.3.5. Обладнання для калібрування, сортування та інспекції плодово-овочевої сировини

За допомогою обладнання для калібрування, сортування та інспекції здійснюється розділення плодів та овочів на партії приблизно однакового гранулометричного складу, видалення пошкодженої та зіпсованої сировини, тощо, що дозволяє в подальшому забезпечити рівномірне та якісне протікання наступних стадій оброблення харчової сировини.

Калібрування сировини здійснюється на калібрувальних пристроях різних типів, принцип роботи яких ґрунтується на переміщенні продукту вздовж щілини змінного перерізу.

Існуючі калібрувальні машини за конструкцією калібрувальних пристроїв поділяються на: стрічкові, ступінчасті, валково-стрічкові, валкові, шнекові, конусні тощо (рисунок 3.19 а-к).

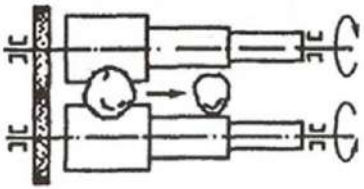


Рисунок 3.19 а – валково-калібрувальний пристрій

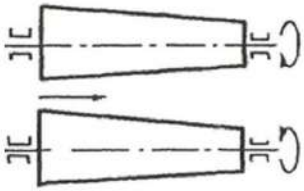


Рисунок 3.19 б – конусний калібрувальний пристрій

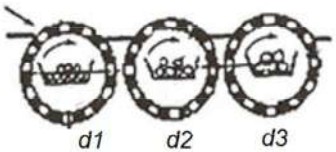


Рисунок 3.19 в – барабанний калібрувальний пристрій

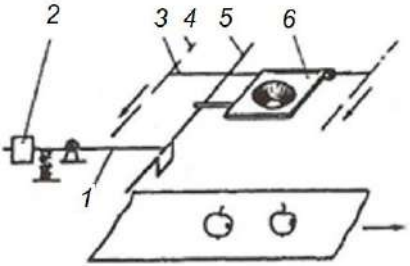


Рисунок 3.19 г – ваговий калібрувальний пристрій

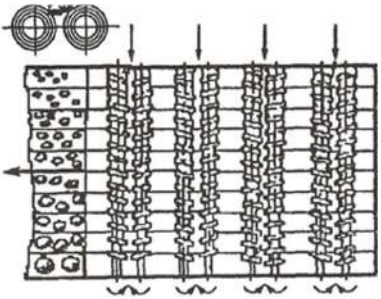


Рисунок 3.19 д – шнековий калібрувальний пристрій

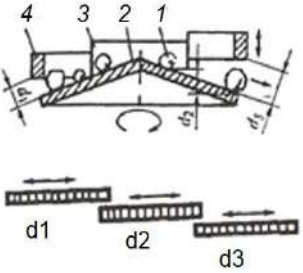


Рисунок 3.19 е – дисковий калібрувальний пристрій

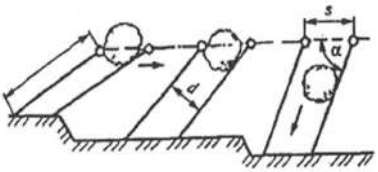


Рисунок 3.19 ж - тросовий калібрувальний пристрій

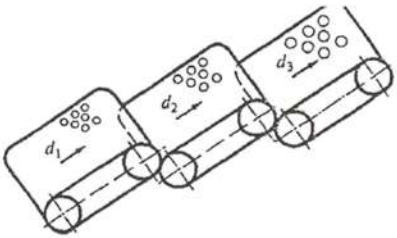


Рисунок 3.19 з – стрічковий калібрувальний пристрій

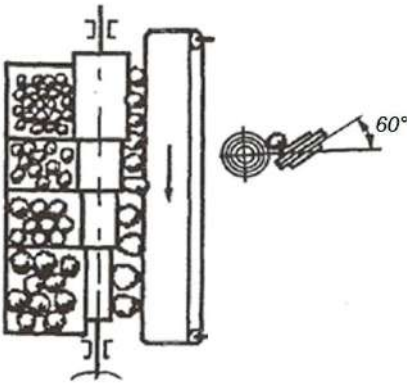


Рисунок 3.19 і - валково-стрічковий калібрувальний пристрій

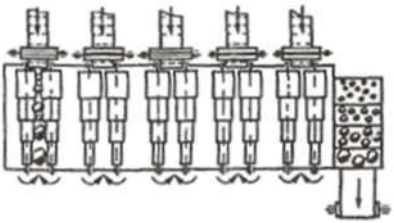


Рисунок 3.19 к – ступінчастий калібрувальний пристрій

Калібрувальна машина (рисунок 3.20) призначена для калібрування майже всіх плодів та овочів.

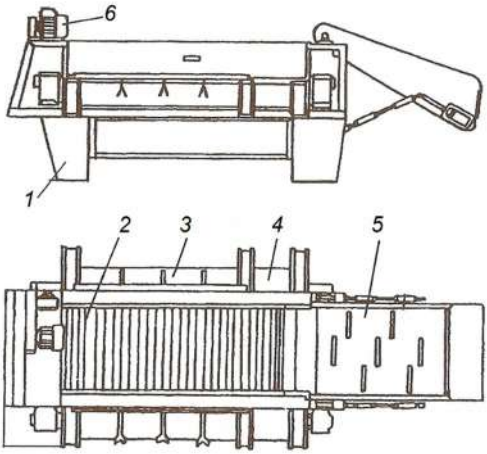


Рисунок 3.20 Калібрувальна машина:
1 – станина, 2- вузол калібрування, 3 – фракційний транспортер,
4 –транспортер відходів, 5 – елеватор; 6 – привід

Робоча гілка стрічкового транспортера розділена перегородками, що відокремлює одну фракцію від іншої. Елеватор має завантажувальний бункер та транспортерну стрічку з гумовими скребками для рівномірного завантаження сировиною.

Сировина засипається в бункер елеватора, звідки скребковим транспортером подається на калібрувальне полотно. На першій ділянці здійснюється орієнтація продовгуватих овочів та фруктів віссю вздовж роликів калібрувального ланцюга та видалення відходів розмірами менше за мінімальний. Ці відходи провалюються через зазори між роликами та видаляються транспортером відходів. На другій ділянці зазор між роликами поступово збільшується, овочі чи плоди провалюються в зазори, розділяючись на певні фракції за розмірами та видаляються транспортером 3.

Виготовлення високоякісної харчової продукції потребує очищення багатьох видів рослинної сировини від зовнішньої оболонки, вилучення кісточок та інших неїстівних або малоцінних в харчовому відношенні частин.

3.3.6. Обладнання для очищення зовнішньої оболонки сировини

Для очищення шкірки з коренеплодів служать **дискові** та **роликові** машини.

В дисковій машині (рисунок3.21) під час обертання диска порція завантаженої сировини відцентровою силою відкидається до вертикальної стінки камери. Спільна дія поверхні вертикальної стінки та абразивної поверхні диска надає обертального руху окремим коренеплодам, з поверхні яких знімається шкірка. Частинки шкірок з водою, яка подається через форсунку, опускаються в кільцевий жолоб та скребками вивантажується через патрубок.

Очищені коренеплоди вивантажується через люк на лоток.

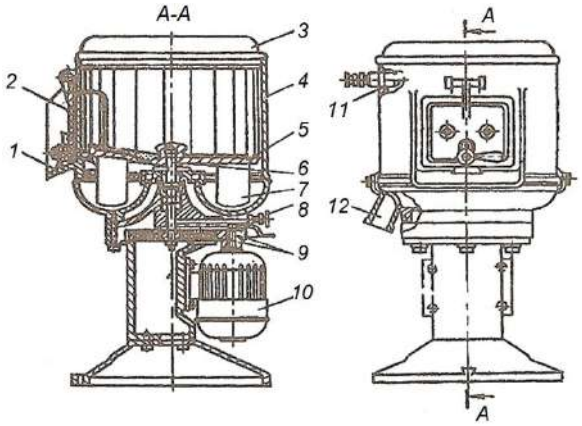


Рисунок 3.21. Дискова машина:
1 – лоток, 2 – люк вивантаження; 3 – відкидна кришка; 4 – нерухома циліндрична камера з хвилеподібною внутрішньою поверхнею; 5 – диск, що обертається; 6 – вал; 7 – скребки; 8 – пристрій змащення; 9 – зубчасте колесо; 10 – електродвигун; 11 – форсунка; 12 – патрубок вивантаження.

Машина безперервної дії (рисунок 3.22) виготовляється у вигляді прямокутної ванни, встановленої на чотирьох опорах, дві з яких за допомогою пристрою 7 можуть змінювати свою висоту, змінюючи кут нахилу ванни. Ванна має завантажувальний бункер 1, вивантажувальний лоток 5, чотири колектори для підведення води для ополіскування 2, чотири каскади роликів 6, поділених перегородками з отворами на чотири секції. У кожній із трьох

перегородок перехідні отвори розташовані з різних боків. Це забезпечує зигзагоподібний шлях переміщення коренеплодів по рухомому полотну, утвореному роликами з абразивною поверхнею.

Перехідні отвори закриваються рухомими перегородками, висоту встановлення яких змінюють залежно від продуктивності машини та виду коренеплодів, які очищуються.

Завантажені через бункер 1 коренеплоди зигзагоподібно рухаються по роликах у воді. Шкірка знімається тонким шаром з м'якої тканини коренеплодів. Після проходження чотирьох секцій очищені та помиті коренеплоди вивантажуються з машини через лоток 5.

Суміш шкірок та води вивантажується через патрубок 8.

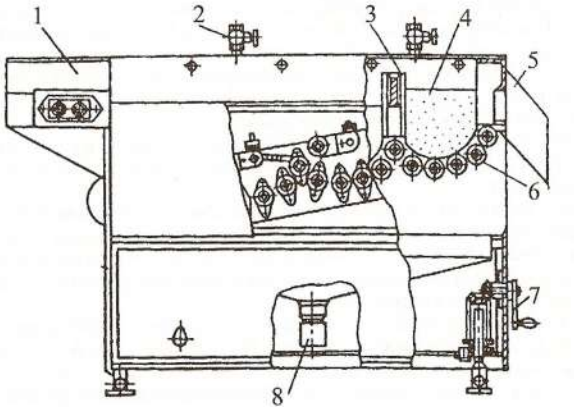


Рисунок 3.22. Машина безперервної дії:
1 – завантажувальний бункер; 2 – колектори для підведення води для ополіскування; 3 – рухомі перегородки; 4 – прямокутна ванна; 5 – вивантажувальний лоток; 6 – чотири каскади роликів; 7 – пристрій для зміни куту нахилу ванни; 8 – вивантажувальний патрубок.

3.3.7. Обладнання для миття тари, санітарної підготовки машин, апаратів, місткостей та трубопроводів

Миття тари – одна з найважливіших операцій під час фасування харчових рідин, від ефективності якої залежить якість продукції та режим роботи всієї лінії розливу.

Весь процес миття можна поділити на два етапи:

- поверхнева взаємодія забруднень та миючого розчину;
- розділення неоднорідної системи, яка складається з двох фаз: забруднення – скло.

Перший етап, в свою чергу, можна поділити на дві стадії:

- взаємодія речовини, яка перебуває на поверхні пляшок, та рідини (набухання), в ході якої на поверхні пляшок утворюється насичений розчин чи концентрована суспензія;
- перенесення речовини, яка перебуває в складі розчину чи суспензії в миючу рідину шляхом дифузії.

Вирішальними факторами, які обумовлюють добру якість миття, є: температура мийних розчинів та води, концентрація мийного розчину, тривалість миття, гідродинамічна взаємодія струменя мийного розчину та води за внутрішнього та зовнішнього шприцювання пляшок, частота заповнення пляшок мийними розчинами тощо.

Сучасні машини для миття пляшок можна класифікувати за різноманітними ознаками:

- **за призначенням** –універсальні та спеціалізовані;
- **за способом миття** – шприцювальні, мийно-шприцювальні та мийно- шприцювальні з механічним обробленням пляшок йоршами та щітками;
- **за кінематичними ознаками** –конвеєрні (ланцюгові та безланцюгові), барабанні та карусельні;
- **за кількістю мийних ван** – на одно-, двох та багатованні;
- **за конструкцією транспортувального органу** – машини з ланцюговим та безланцюговим транспортерами пляшконосіїв, барабанні або роторні (з горизонтальною віссю обертання барабану), карусельні (з вертикальною віссю обертання барабана);
- **за характером руху транспортувального органу** – машини переривчастого руху (циклічні) та машини безперервного руху;

- **за ступенем механізації** – з ручним завантаженням та вивантаженням пляшок, з ручним завантаженням та автоматичним вивантаженням пляшок, з автоматичним завантаженням та вивантаженням пляшок;
- **за місцем розташування пристроїв для завантаження та вивантаження пляшок** – одно- та двохсторонні.

Найбільше розповсюдження отримали мийно-шприцювальні машини з ланцюговим транспортером пляшконосіїв.

Сучасні пляшкомийні машини незалежно від марки включають наступні основні елементи: механізми завантаження та вивантаження пляшок, пляшконосії, механізм переміщення пляшконосіїв, пристрій для відбирання етикеток, шприцювальні пристрої, привід, підігрівачі розчину у ваннах.

Якість вимитих пляшок визначають за такими показниками: фізична чистота, бактеріальна чистота та відсутність залишків миючого розчину в пляшці. Мийні машини повинні забезпечувати чистоту об'єкту , що відмивається, виключення бою чи деформації (для жерстяних банок) тари, мінімальні витрати води та енергії, механізацію завантажувально-розвантажувальних робіт, простоту та надійність в експлуатації, безпечність в обслуговуванні.

В пиво-безалкогольній галузі промисловості широко застосовується ланцюгова **пляшкомийна машина** (рисунок 3.23).

Пляшки, що подаються транспортером, поступають на накопичувач, де омиваються теплою водою, яка подається з відсіку для попереднього миття. Потім вони завантажуються в комірки пляшконосіїв. Вода з пляшок разом із забрудненнями, які легко змиваються під час руху транспортера зливаються в піддон. Перед попаданням у мийну ванну пляшки омивають гарячою водою. У ванні відбувається відмивання забруднень і етикеток у лужному розчині. Змиті етикетки направляються по жолобу до барабана і вентилятором здуваються в лоток. У мийній ванні та на похилій гілці транспортера продовжується відмивання забруднень у лужному розчині. Барботер забезпечує необхідну турбулізацію потоків води. На верхній гілці транспортера пляшки піддаються багаторазовому шприцюванню та зовнішньому ополіскуванню лужним розчином, гарячою, теплою та водопровідною водою за допомогою пристрою для миття лугом і водою. Вимиті пляшки вивантажуються на відвідний транспортер.

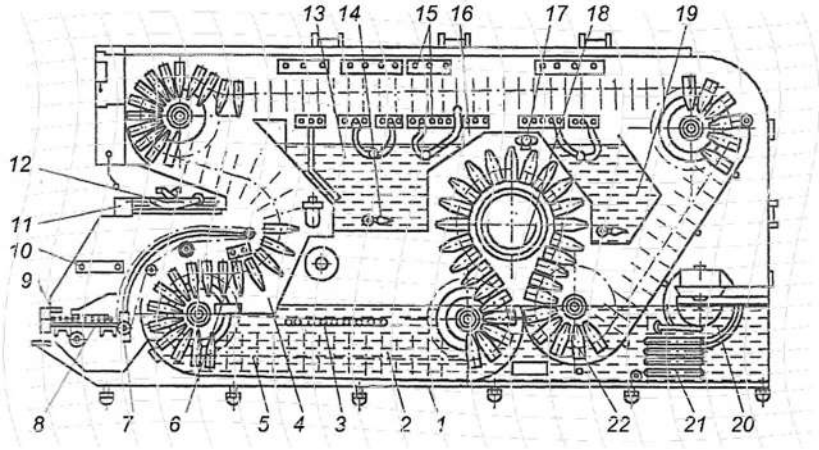


Рисунок 3.23. Ланцюгова пляшкомийна машина:
1 – зварний корпус, 2–мийна ванна з лугом, 3 – підігрівач, 4 – піддон, 5 – транспортер пляшконосіїв, 6 – труба, 7 – пристрій для завантаження пляшок, 8 – накопичувач пляшок, 9 – подавальний транспортер, 10 – пристрій для попереднього миття, 11 – транспортер відведення, 12 – пристрій для вивантаження пляшок, 13 – відсік оборотної води, 14 – барботер, 15 – пристрій для миття лугом і водою, 16 – піддон, 17 – пристрій для миття етикеток, 18 – жолоб, 19 – відсік, 20 – сітчастий барабан, 21 – підігрівач, 22 –мийна ванна.

Після закінчення технологічного процесу на поверхні обладнання та трубопроводів затримуються залишки продуктів. Вони є хорошим живильним середовищем для розвитку багатьох мікроорганізмів, які викликають псування продуктів. З цією метою необхідно ретельно видаляти забруднення з поверхні обладнання, тобто своєчасно проводити миття, дезінфекцію та санітарне оброблення обладнання.

Ефективність санітарного оброблення залежить від впливу багатьох факторів: виду і складу забруднення, якості води, властивостей та умов застосування мийних засобів (концентрації, температури, швидкості та тривалості оброблення), дезінфекції тощо.

Основою мийного розчину є вода, тому до неї висуваються особливі вимоги відносно бактеріальної чистоти. Вода за якісними показниками повинна відповідати державному стандарту на воду

питну і містити мінімальну кількість солей кальцію та магнію, які обумовлюють її жорсткість та за певних умов можуть випадати в осад і утворювати наліт на поверхнях відмивання.

Застосування мийних розчинів має забезпечувати необхідну чистоту поверхні відмивання, бути безпечним для обслуговуючого персоналу, не чинити руйнівної дії на матеріали тощо.

Наявність у мийному розчині поверхнево-активних речовин сприяє не тільки змочуванню поверхні відмивання, в тому числі забрудненої жиром, але й проникненню розчину в найдрібніші пори забруднення.

До поверхнево-активних речовин, які застосовуються як компоненти мийних розчинів, належить група органічних речовин різної хімічної будови: аніоноактивні (мило, алкисульфати), катіоноактивні (катамін АБ), неіоногенні (змочувальні ОП, ДБ, БНС та інші).

Катіонові мийні розчини мають сильну дезінфікуючу дію, завдяки чому їх використовують для холодної стерилізації обладнання.

Під час експлуатації технологічного обладнання на його поверхні утворюються забруднення, до складу яких можуть входити жири, білок, мінеральні речовини, фосфати та силікати кальцію і магнію. Для кожного з цих забруднень використовують мийні розчини, склад та концентрація яких зазначені в галузевих інструкціях з санітарного оброблення обладнання.

Під час проведення дезінфікуючих заходів технологічного обладнання основна увага приділяється знищенню мікроорганізмів, які негативно впливають на якість продуктів харчування.

Процес дезінфекції включає в себе:

- забезпечення контакту певної тривалості між дезінфікуючим агентом необхідної концентрації та мікробіологічним об'єктом оброблення;
- безпосередній вплив дезінфектанта на мікробну клітину.

Перший етап визначає технічні умови дезінфекції, другий – біологічні.

Для знезараження технологічного обладнання застосовують теплову та хімічну дезінфекцію. Дезінфекція обладнання за рахунок теплового впливу – один із найбільш відомих та ефективних способів боротьби з шкідливими мікроорганізмами.

Найбільш надійним та розповсюдженим способом термічного оброблення є використання насиченої пари. Застосовують пару як за атмосферного тиску з температурою 100 ºС, так і пару під тиском. Значення надлишкового тиску підтримується в діапазоні 0,05–0,25 МПа, що дозволяє підняти температуру пари до 110-170 ºС та досягти високого дезінфікуючого ефекту. Спори більшості мікробів гинуть за 5-хвилинної експозиції в насиченій парі за температури 120 ºС.

У випадку неможливості оброблення парою використовують гарячу воду. Під час застосування гарячої води більшість вегетативних форм мікрофлори гине за температури 60–70 ºС протягом 30 хвилин, а у воді за температури 100 ºС вегетативні форми інактивуються протягом 1–2 хв, спорові форми мікроорганізмів – протягом 5–10 хв.

Для підсилення антимікробної дії гарячої води в ній розчиняють 1–2% лугу. За дезінфекції обладнання рекомендують його оброблення гарячою водою за температури 85 ºС, яка циркулює протягом 10–20 хв.

Хімічні сполуки повинні бути нетоксичними, не мати запаху, не викликати корозію матеріалів, з яких виготовлено обладнання. Серед дезінфікуючих засобів особливо розповсюджені препарати, які містять хлор (гіпохлорити, хлорамін, трихлорізоцианурова кислота тощо). Концентрація активного хлору у дезінфікувальному розчині має бути 150–400 мг на 1 л залежно від об'єкта, а температура цього розчину – не вище 35 °С.

Високими бактерицидними та поверхнево-активними властивостями характеризуються чотирьохзаміщені амонієві сполуки. Вони добре розчиняються воді, але бактерицидна дія їх різко знижується у присутності органічних сполук – білків, жирів.

Процеси миття та дезінфекції доцільно проводити окремо, тому що дезінфікуючі речовини можуть інактивуватися залишками продуктів переробки і тому не завжди досягається бажаний дезінфікувальний ефект.

Під час проектування сучасних підприємств харчових виробництв передбачаються приміщення з резервуарами для приготування розчинів, насосними установками та системою трубопроводів для подавання мийних розчинів та води для ополіскування у приміщення всіх технологічних цехів для санітарного оброблення технологічного обладнання. У випадку

відсутності спеціалізованого приміщення використовують пересувну установку, яка включає в себе ємність для приготування мийного розчину, ополіскувальної води та дезінфікувального розчину. Мийні розчини, вода та пара підводяться до установки за допомогою гнучких шлангів та змішуються в ежекторі.

Для миття технологічного обладнання, місткостей та трубопроводів застосовується **мийна установка** (рисунок 3.24). Вона складається з двох бачків 1 з люками 2 у верхній частині для очищення бачків. Бачки служать для приготування мийних розчинів, встановлені на каркасі 5 і мають патрубки 3 для підведення води та хімічних розчинів. Для очищення розчинів в бачках встановлені фільтри 4. Мийні розчини з бачків відкачуються кислотостійким насосом 7 і подаються до мийних пристроїв. Подавання регулюється краном 6.

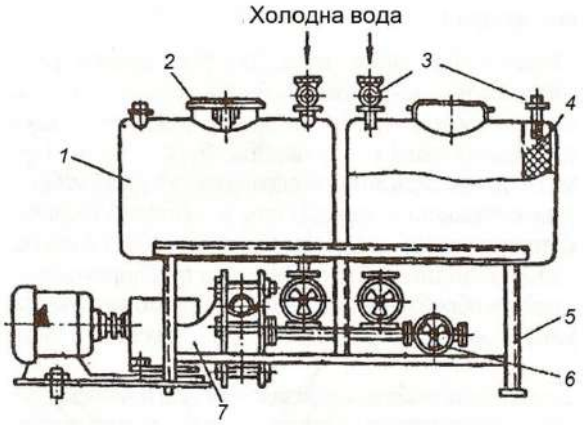


Рисунок 3.24. Мийна установка:
1 – бачки; 2 – люк; 3 – патрубок; 4 – фільтр ; 5 – каркас;
6 – кран; 7 – кислотостійкий насос.

Для механізації миття технологічного обладнання об'єкт відмивання, циркуляційний насос, проміжні ємності, підігрівачі та трубопроводи з'єднані в замкнену систему. Застосування засобів автоматизації забезпечує підтримання в автоматичному режимі заданої температури, тривалості та черговості циркуляції розчинів, їх концентрацію.

Для санітарного оброблення трубопроводів необхідно враховувати, що режими миття для трубопроводів з нержавіючої

сталі і скла мають бути різними. Під час відмивання сталевих трубопроводів не допускається перевищення концентрації мийних розчинів з причини запобігання виникнення корозії, для скляних трубопроводів – різкі та значні температурні перепади (не вище 30 °С) і високі температури мийних розчинів, які можуть руйнувати трубопроводи. Оброблення проводять чистою проточною водою до повного їх видалення з робочих поверхонь трубопроводів та суміжного з ними технологічного обладнання.

З метою ефективного миття та дезінфекції ємкісного обладнання останні оснащуються мийними пристроями різноманітних конструкцій.

Нерухомі форсунки (рисунок 3.25) забезпечують рівномірне миття тому, що вода або дезінфікувальний розчин у вигляді кільцевого струменя виходить через зазор розміром 1,5 мм, утворений між заслінкою 5 та клапаном 6, величина якого регулюється шайбою 4. Форсунка може переміщуватися у вертикальній площині від гідравлічного приводу, тим самим перекриваючи чи відкриваючи витяжну трубу апаратів.

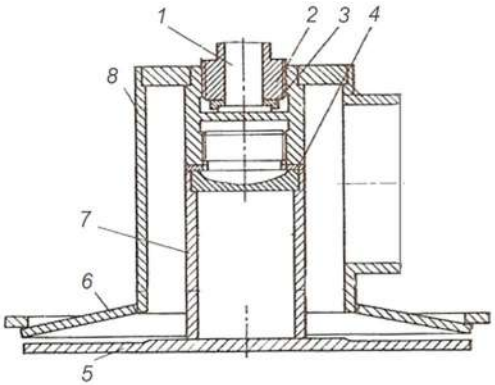


Рисунок 3.25.
Нерухома форсунка:
1 – витяжна труба;
2 – регулювальна гайка;
3 – кільце;
4 – шайба;
5 – заслінка;
6 – клапан;
7 – стійка;
8 – корпус.

Гідропривід заслінки (рисунок 3.26) розташовується всередині витяжної труби 1. Це циліндр 5, в який через чотириходовий кран 2 поступає вода та переміщує поршень 3 разом з заслінкою 8, яка жорстко зв’язана із штоком. До муфти 7 приєднаний гнучкий рукав 6, по якому насосом подається дезінфікуючий розчин або вода для миття.

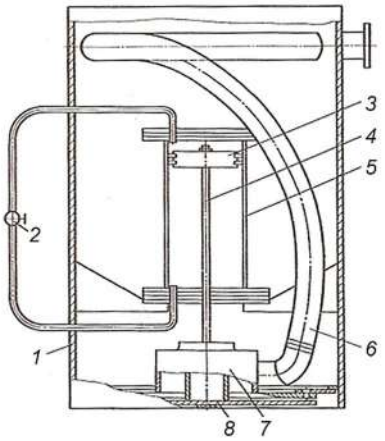


Рисунок 3.26.
Гідропривід заслінки:
1 – витяжна труба;
2 – чотириходовий кран;
3 – поршень;
4 – шток;
5 – циліндр;
6 – гнучкий рукав;
7 – муфта; 8 –заслінка.

Форсунки для миття з отворами (рисунок 3.27а) складаються з патрубка 1 та лійки 2 з отворами.

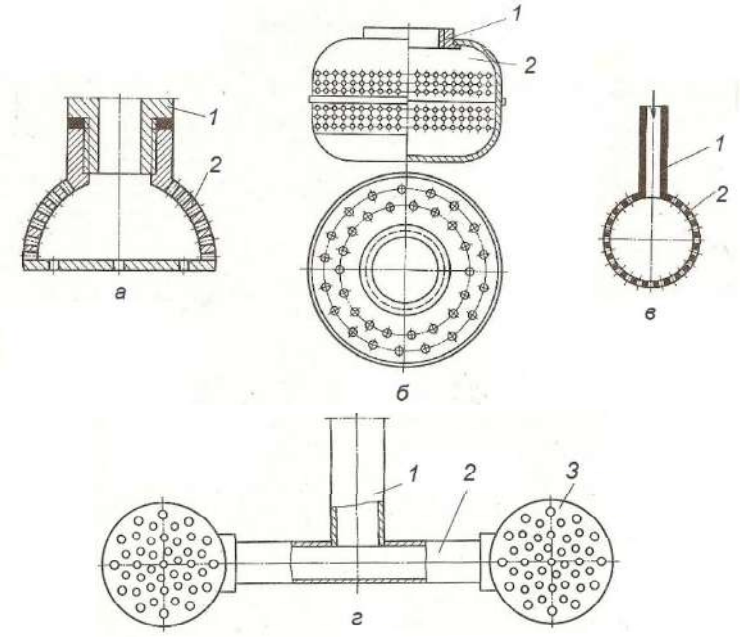


Рисунок 3.27. Нерухомі форсунки:
а – з отворами; б – конструкції Холодова; в – кулеподібна форсунка;
г – подвійна кулеподібна форсунка.

Форсунка конструкції Холодова (рисунок 3.27б) зібрана з двох штампованих заготовок, в кожній з яких є отвори. До корпусу 2 приварюється патрубок 1 для кріплення форсунки до трубопроводу.

Кулеподібна форсунка (рисунок 3.27в) – це пустотіла куля 2 з отворами по всій поверхні. Мийний розчин надходить в кулю через патрубок 1.

За великих розмірів ємності використовуються **подвійні кулеподібні форсунки** (рисунок 3.27г). Мийний розчин подається через патрубки 1 та 2, а виходить через отвори куль 3.

Обертальні форсунки більш інтенсивно зрошують внутрішні поверхні місткостей в порівнянні з нерухомими. Вони бувають у вигляді кулеподібної головки з тангенціальними отворами. На виході струменів рідини з отворів виникають реактивні сили, спрямовані тангенціально до поверхні головки, в результаті чого форсунка обертається. Обертальні форсунки можуть бути виконані у вигляді трубок, що обертаються в одній площині **(**рисунок 3.28 а) або в двох **(**рисунок 3.28 б) під дією реактивних сил, які виникають за рахунок викидання струменів з отворів.

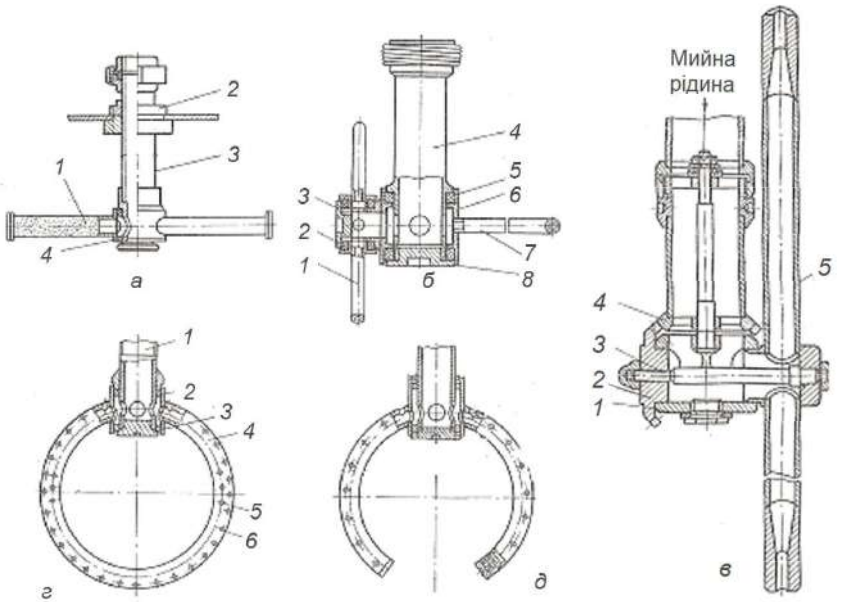


Рисунок 3.28. Обертальні форсунки

Форсунка з примусовим обертанням навколо вертикальної осі (рисунок 3.28 в) складається з корпусу 1, в якому розташований обертальний вал 3 з двома соплами 5, працюючими за принципом сегнерового колеса. На валу закріплена конічна шестерня 2, яка обертається навколо вертикальної осі по нерухомій конічній шестерні 4. В результаті складного руху сопел форсунка добре омиває внутрішню поверхню апаратів. Миюча рідина подається насосом під тиском 0,6–0,7 МПа.

Для миття великих посудин ефективні **кільцеві форсунки.** Форсунка (рисунок 3.28 г) складається з патрубка 1, з'єднаного з кільцем 4, по периметру якого розташовані отвори 5 та 6. Отвори 6 діаметром 2 мм, розташовані на зовнішній (випуклій) частині кільця в шахматному порядку, називаються активними, оскільки вони створюють мийний ефект. По бокових сторонах кільця знаходяться отвори 5 діаметром 4 мм, які називаються реактивними. Вони направлені в різні сторони та створюють обертальний момент навколо вертикальної осі під дією вихідної рідини. Форсунка обертається в підшипнику 2, розташованому в корпусі 3.

Подібну конструкцію має форсунка **(**рисунок 3.28 д).

На підприємствах харчової промисловості широко використовуються **автоматизовані системи миття**, які призначені для забезпечення безрозбірного миття обладнання та трубопроводів мийними розчинами, ополіскування, хімічної та термічної дезінфекції в автоматичному режимі.

Установка CIP-миття візуально відображає весь процес на сенсорний екран "Touch – screen": температуру, концентрацію, швидкість потоку, рівні мийних розчинів у ємностях, стан клапанів, насосів, аварії та інше. Оператор вибирає відповідний об'єкт для миття (пастеризатор, резервуар, лінія та інше) торкаючись контактного екрану.

Автоматичні станції миття (CIP) виконуються: модульними (на єдиній рамі, у зібраному вигляді) та стаціонарними (монтаж у цеху Замовника)

Функціональні операції:

- ополіскування холодною водою;
- ополіскування теплою водою;
- циркуляційне миття лужним миючим розчином;
- ополіскування гарячою водою;

- циркуляційне миття кислотним миючим розчином;
- ополіскування гарячою водою;
- стерилізація гарячою водою або дезінфікуючим розчином;

Комплектація:

- кількість ємностей для зберігання мийних розчинів та води вибирається залежно від вимог виробництва; станція може включати від 3 до 6 ємностей (холодна вода, гаряча вода, кислотний мийний розчин, лужний мийний розчин, ємність для збору води, що ополіскує, ємність для нейтралізації мийних розчинів)
- станція може включати від 1 до 3 незалежно працюючих контурів миття; кожен контур миття комплектується насосом з частотним керуванням подачі, підігрівачем миючих розчинів (пластинчастим або кожухотрубним теплообмінником), електромагнітним витратоміром, комплектом запірної арматури з пневмоприводом, системою витіснення залишків води та розчинів повітрям;
- система автоматичного дозування концентрованих мийних та дезінфікуючих розчинів (ємності для концентратів, насоси дозатори, комплект обв'язування);
- встановлення знезараження води;
- енергоощадна система (теплова рекуперація);
- система діагностики аварійних ситуацій, звукове та світлове оповіщення, визначення вузлів станції, що вийшли з ладу.

Питання для самоперевірки

1. Класифікація обладнання для механізації процесів у харчовій промисловості.
2. Види тари для зберігання сировини.
3. Механічні транспортувальні пристрої (конвеєри тощо). Приклади використання.
4. Переваги безтарного зберігання сипких продуктів.
5. Машино-апаратурна схема аерозольтранспорту.
6. Переваги аерозольтранспорту в порівнянні з пневмотранспортом низького і середнього тиску.
7. Схема спірального транспортеру (спіроматика).
8. Конструкція силосу для борошна.
9. Конструкція бункеру для борошна.
10. Схема силосної установки для борошна з біг-бегом.
11. У чому відмінність між дозатором та живильником?
12. Конструкція роторного живильника.
13. Конструкція шнекового живильника.
14. Конструкція камерного живильника.
15. Схема обладнання компресорної станції.
16. Види домішок в сировині.
17. Поясність поняття термінів «Очищення сировини», «Сепарація», «Сортування», «Калібрування».
18. Конструкція і принцип дії трикутного соломовловлювача.
19. Приклади застосування обладнання для відділення важких домішок.
20. Конструкція і принцип дії каменевловоювача.
21. Конструкція і принцип дії скалтпелятора.
22. Обладнання для відділення феромагнітних домішок.
23. Конструкція і принцип дії електромагнітного сепаратора.
24. Класифікація машин для миття сировини.
25. Конструкція і принцип дії лопатева мийної машини.
26. Конструкція і принцип дії лінійна мийної машини.
27. Конструкція і принцип дії машина для миття зерна.
28. Класифікація калібрувальних машин для плодів і овочів за конструкцією робочих органів.

29. Наведіть схеми та приклади застосування калібрувальних пристроїв:
    - валкового;
    - конусного;
    - барабанного;
    - вагового;
    - шнекового;
    - дискового;
    - тросового;
    - стрічкового;
    - валково-стрічкового;
    - ступінчастого.
30. Дискові та роликові машини для очищення зовнішньої оболонки сировини. приклади застосування.
31. Етапи процесу миття тари.
32. Класифікація машин для миття скляної тари.
33. Конструкція і принцип дії ланцюгової пляшкомийної машини.
34. Конструкція мийної установки для миття технологічного обладнання, місткостей, трубопроводів.
35. Конструкція нерухомої форсунки.
36. Конструкції нерухомих форсунок з отворами.
37. Конструкції обертальних форсунок.
38. Які операції відбуваються у автоматизованих системах миття?

Розділ 4

Обладнання для механічного перероблення сировини і напівфабрикатів розділенням

4.1. Класифікація обладнання для механічного оброблення сировини розділенням

Механічне перероблення сировини розділенням широко використовується в усіх галузях харчової промисловості. Для цього використовуються різні способи розділення.

Подрібнення матеріалів покращує умови їх змішування та транспортування. Подрібнення збільшує поверхню матеріалу, що інтенсифікує теплові, масообмінні та біохімічні процеси під час його оброблення. Один із способів розділення – різання – застосовують як для підготовки сировини (різання буряка, овочів), так і на завершальних етапах виробництва (різання хліба, бісквіту).

До процесів механічного розділення відносять очищення сировини від домішок, калібрування, сортування, сепарування продуктів подрібнення. Механічним шляхом розділяються також рідкі та газові неоднорідні системи (осаджування, фільтрування, центрифугування).

На рисунку 4.1 представлена класифікація обладнання для механічного оброблення сировини розділенням.

4.2. Обладнання для подрібнення харчових матеріалів

Процес подрібнення широко застосовується в різних галузях харчової промисловості: у борошномельній промисловості для подрібнення зерна, у бродильній – зерна і солоду, у кондитерській – какао-бобів, цукру, а також у багатьох інших випадках.

Більшість продуктів, які використовуються у харчовій промисловості, можна віднести до умовно твердих, тому що вони легко деформуються і мають велику вологість (м'ясо, хліб, овочі).

Подрібнення – це процес руйнування твердого або умовно твердого матеріалу під дією зовнішніх сил. Процес подрібнення дрібних частинок називається помелом.

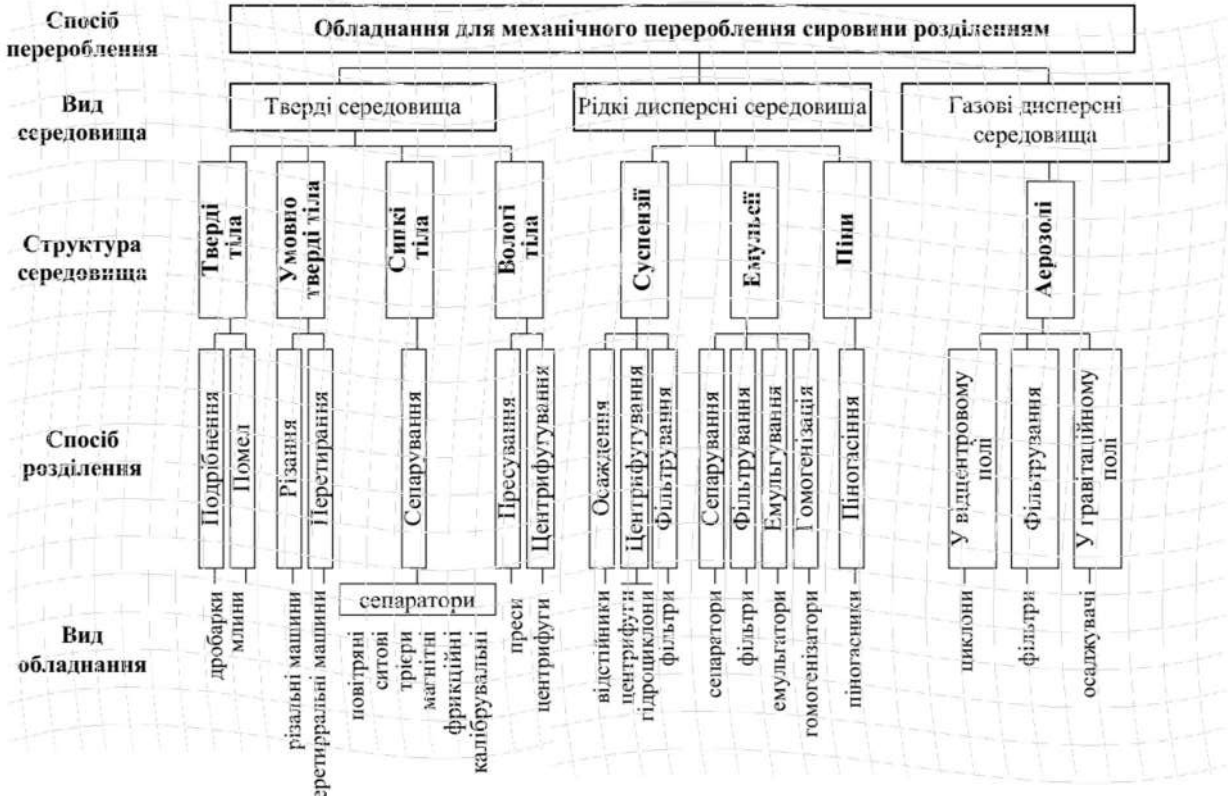


Рисунок 4.1. Класифікація обладнання для перероблення сировини та напівфабрикатів розділенням

Відомо, що чим дрібніший помел і чим твердіший матеріал, тим більше витрачається енергії для його руйнування (подрібнення).

Вивченню закономірностей процесу подрібнення, встановленню зав'язків між фізичними властивостями матеріалів, гранулометричними складом кінцевого продукту і витратами енергії на його здійснення присвячені роботи багатьох учених. Узагальнений закон полягає в тому, що *енергія, витрачена на подрібнення, витрачається на утворення нових поверхонь подрібнених частинок і об'ємну деформацію матеріалу, що подрібнюється:*

$$A = A_V + A_S = \Delta V \cdot H_m + \Delta S \cdot H_S \text{, } Дж$$

де: A_V – робота витрачена на об'ємну деформацію матеріалу, *Дж*;

A_S – робота витрачена на утворення нових поверхонь, *Дж*;

ΔV – зменшення об'єму шматків матеріалу в результаті їх деформації перед руйнуванням;

H_m – стала для даного матеріалу, що характеризує його структурно-механічні властивості;

ΔS – збільшення площі поверхні;

H_S – стала, характерна для даного матеріалу та пропорційна вільній поверхневій енергії твердого тіла (робота на утворення одиниці нової поверхні).

Процес подрібнення супроводжується деяким мінімумом втрат енергії *A* на пружну деформацію.

Згідно із законом Гука:

$$A_V = \frac{\sigma^2 \cdot \Delta V}{2E},$$

де: σ – напруження пружних деформацій, *Па; E* – модуль пружності, *Па*;

Як бачимо робота витрачена на руйнування матеріалу, залежить від руйнівного напруження σ.

Коефіцієнт корисної дії процесу подрібнення:

$$\eta = \frac{A_S}{A_S + A_V}$$

Отже, процес подрібнення слід вести з максимальним перенапруженням A_S.

Необхідна умова руйнування – наявність тріщини, довжина якої більше критичної, так званої «тріщини Гриффітса», довжина якої 1–10 мкм.

Процес подрібнення характеризується ефектом масштабного зміцнення, тобто зміцненням частинок під час зменшення їх розміру.

Під час тонкого подрібнення матеріалу частинки отримують форму кулі. Сили поверхневого натягу створюють постійний внутрішній тиск, збільшується в'язкість, зменшується ймовірність утворення тріщин. Чим дрібніші частинки, тим більша кривизна поверхні, і тим більший поверхневий натяг.

За розмірів частинок, співрозмірних з довжиною тріщини Гриффітса, утворення тріщин припиняється, і міцність частинки зростає до молекулярної, для якої:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} \approx 10^{-1}$$

де: σ – межа міцності; E – модуль Юнга;

Як наслідок, тверді матеріали (наприклад, алмаз) можна обробляти дрібними зцементованими частинками менш твердих матеріалів.

В залежності від характеру зовнішнього впливу, матеріал можна подрібнити ударом, роздавлюванням (стисканням), зсувом (розтиранням), розколюванням (зрізом), розривом (рисунок 2). Спосіб подрібнення визначається структурно-механічними властивостями матеріалу, видом і ступенем подрібнення.

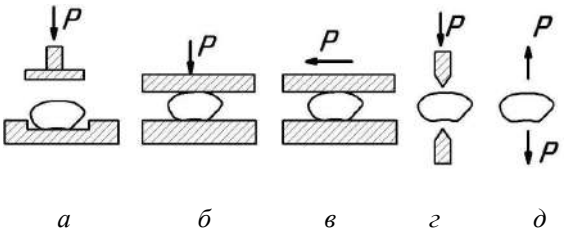


Рисунок 4.2. Способи подрібнення:
а – удар; б – роздавлювання; в – зсув; г – розколювання; д – розрив

Для грубого та середнього подрібнення твердих матеріалів часто використовують роздавлювання або удар, для тонкого подрібнення

твердих матеріалів і в'язких матеріалів – розтирання. У реальних процесах мають місце різні комбіновані способи подрібнення.

Подрібнення твердих тіл розділяють на два основні види: дроблення (великих шматків) і помел (дрібних частинок d < 5 мм). Дроблення і помел у свою чергу розділяють на декілька класів.

Процес подрібнення характеризується лінійним й об'ємним ступенем подрібнення:

$$i = \frac{d_H}{d_K}; \quad i_V = i^3 = \frac{d_H^3}{d_K^3}$$

де: i, i_v – лінійний й об'ємний ступінь подрібнення;

d_H, d_K, – розмір шматків вихідного та подрібненого матеріалу.

Подрібнення умовно розділяють на класи залежно від розмірів початкового матеріалу (таблиця 4.1).

Таблиця 4.1

Класифікація способів подрібнення

Клас подрібнення	Розмір шматків, мм	
	до подрібнення	після подрібнення
Дроблення		
грубе	1000	250
середнє	250	20
тонке	25	
Помел	5–1	0,15–0,005
Колоїдний помел	0,1	0,001

Відповідно до класу змінюється ступінь подрібнення: для грубого дроблення i = 2–6; середнього i = 5–10; тонкого подрібнення – i > 100.

4.2.1. Обладнання для подрібнення

Подрібнення сировини та напівфабрикатів проводять на подрібнювальних машинах.

Подрібнювальні машини поділяються на наступні групи:

– Вальцьові;
– Молоткові;
– Дискові;
– Штифтові;
– Кульові;
– Колоїдні;
– Комбіновані.;

Вальцьові верстати

Вальцьові верстати поширені на борошномельних підприємствах і використовуються для середнього і тонкого подрібнення різних за міцністю матеріалів

У вальцьовому верстаті може бути одна або кілька пар вальців.

Вальці можуть бути гладкі, рифлені і зубчасті.

На ефективність роботи вальцьового верстата впливають відношення колових швидкостей вальців, стан поверхні, точність зазору за довжиною вальців.

Детально розглянемо приклад конструкції **вальцьового верстата** (рисунок 4.3). Верстат складається із двох секцій, які працюють паралельно. Секції розділені поздовжньою перегородкою. У кожній секції встановлена пара вальців, живильний механізм, механізм наближення-віддалення вальців, автомат керування, приймальні та випускні пристрої.

Зерно і проміжні продукти подрібнюються в клиноподібному просторі, утвореному циліндричними поверхнями двох паралельних вальців. Вальці обертаються назустріч з різними швидкостями. Руйнування зерен відбувається в результаті комбінації деформацій стиснення і зсуву.

Робота верстата починається із пуску електродвигуна, від якого рух через пасову передачу передається шківу верхнього вальця 2, а від нього через зубчасту передачу живильному валку 4. Від верхнього вальця обертання передається дозувальним вальцям 3.

Після наповненні продуктом приймальної труби 6 датчик рівня 8 включає систему подачі стисненого повітря в пневмоциліндр, який через систему важелів забезпечує зближення («привал») розмелювальних вальців.

Під дією маси продукту датчик живлення 5 включає поворот заслінки 9 і через зазор між нею і дозувальним валиком 3 продукт починає надходити в зону подрібнення.

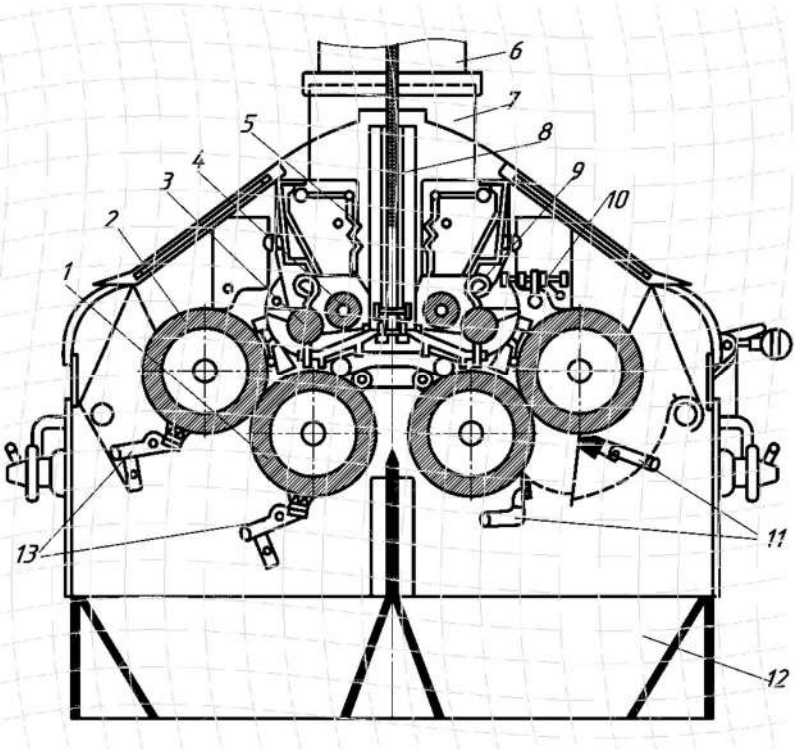


Рисунок 4.3. Вальцьовий верстат:
1,2 – вальці; 3 – дозувальний валок; 4 – живильний валок;
5 – датчик живлення; 6 – приймальна труба; 7 – горловина;
8 – сигналізатор рівня; 9 – заслінка; 10 – регулятор живильного зазору;
11 – ножі очисники; 12 – випускний бункер; 13 – щітки очисники.

За відсутності продукту в приймальній трубі відбувається автоматичне розведення вальців («відвал»), щоб уникнути їх пошкодження і зупинки живильного механізму.

Колова швидкість швидкохідного вальця зазвичай становить 4-6 м/с. Він пустотілий і має систему охолодження шляхом подачі холодної води у внутрішню порожнину.

Охолодження вальців позитивно впливає на технологічні показники помелу. Зниження температури в зоні подрібнення запобігає висушуванню і надмірному подрібненню оболонок, а також перегріванню продуктів розмелювання.

Млини і дробарки

Використовуються у різних галузях харчової промисловості для розмелювання сировини, напівфабрикатів і відходів до частинок дуже малого розміру різними способами: стиском, ударом, розтиранням, розколюванням.

Восьмивалкові, а також трьох- і п'ятивалкові млини, застосовують у кондитерській промисловості для тонкого подрібнення шоколадних мас.

Восьмивалковий млин. Восьмивалковий млин (рисунок 4.4) складається із завантажувальної воронки 1, одного живильного рифленого валка 2, магніту 3, двох рифлених валків 4 і 5 для грубого розмелювання крупки, трьох валків 6, 7 і 8 для попереднього розмелювання, трьох валків 9, 10 і 11 для тонкого подрібнення.

Сталевий пластинчастий ніж 12 знімає масу какао з останнього валка.

Подрібнена маса надходить у приймач 13, що має мішалку 14, яка обігрівається парою.

Зазори між валками регулюються і послідовно зменшуються від 0,2–0,5 мм до 0,01–0,02 мм. Зі зменшенням зазорів швидкість валків збільшується. Щоб уникнути перегрівання маси, валки другого і третього ступенів охолоджується водою.

Продуктивність восьмивалкового млина 150–300 кг/год.

П'ятивалковий млин. П'ятивалковий млин *(рисунок 4.5)* призначений для тонкого подрібнення шоколадних мас і начинок, мас праліне. Конструкція машини складається з п'яти валків (2, 3, 4, 5, 6) розташованих між двома чавунними станинами. Валки охолоджуються водою щоб уникнути перегрівання подрібнюваної маси. Наявність води контролюється манометром.

Від нижнього валка до верхнього за ходом продукту швидкість валків зростає, а зазори між валками зменшуються. Положення валків, крім другого, можна змінювати за допомогою гідравлічних регулювальних механізмів.

Попередньо перемішану теплу шоколадну або горіхову масу завантажують у приймальну воронку 1. Маса захоплюється парою нижніх валків 2 і 3, проходячи послідовно через зазори між валками, подрібнюється. З верхнього валка 6 маса очищається шкребком 8 на лоток 9 та направляється у підставлену ємність або на стрічку транспортера.

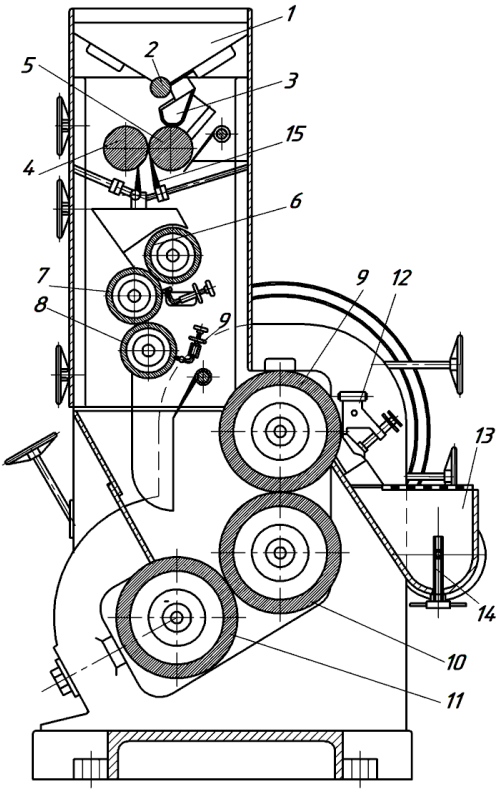


Рисунок 4.4. Восьмивалковий млин:
1 – завантажувальна воронка;
2 – живильний валок;
3 – магніт; 4, 5 – рифлені валки;
6, 7, 8 – гладкі валки для розмелювання;
9, 10, 11 – валки для тонкого подрібнення;
12 – ніж; 13 – приймач;
14 – мішалка; 15 – очисні ножі.

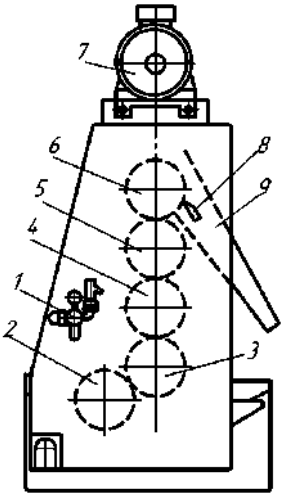


Рисунок 4.5.
П'ятивалковий млин:
1 – приймальна воронка;
2–6 – вальки;
7 – привод;
8 – шкребок;
9 – лоток.

У п'ятивалкових млинах маса переміщується з нижніх вальців на верхні. Під час такого руху дрібні частинки завжди перебувають над великими, що виключає можливість попадання великих частинок у готовий продукт.

Зубчасті дробарки. Застосовуються у консервному виробництві. Ці дробарки тихохідні. Вони складаються із двох валків, на яких змонтовані зубчасті диски (рисунок 4.6).

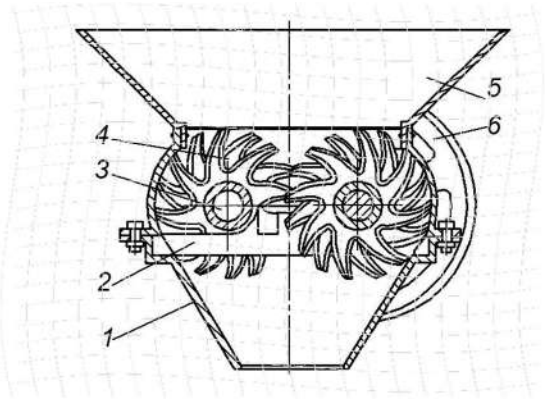


Рисунок 4.6. Зубчаста дробарка:
1 – вихідна воронка; 2 – станина з решітками; 3 – вал; 4 – зубчастий диск; 5 – приймальна воронка; 6 – привід.

Диски першого валка перебувають між двох суміжних дисків другого вальця. Вальці обертаються назустріч один одному з різними коловими швидкостями. У нижній частині дробарки розташовані решітки, і зубці вільно розміщаються в їхніх отворах. Продукт (плоди, томати) подається з бункера, розривається зубцями і подрібнюється. Подрібнений продукт надходить на колосникові решітки, додатково подрібнюється і проходить крізь отвори в колосниках.

Молоткова дробарка. Молоткові дробарки застосовуються для подрібнення зерна, солоду, цукру в цукрову пудру.

Робочими органами дробарки є пластини прямокутної форми – молотки, які на великій швидкості ударяють та розбивають продукт на частинки.

Схема дробарки показана на рисунку 4.7. На станині 7 закріплений корпус дробарки. На валу двигуна 1 закріплений диск 3. На диску є отвори, у яких на осі 3 вільно закріплені молотки 4. Вал дробарки обертається із частотою до 5000 об/хв. При обертанні валу молотки під дією відцентрових сил розташовуються радіально (променеподібно), симетрично осі валу.

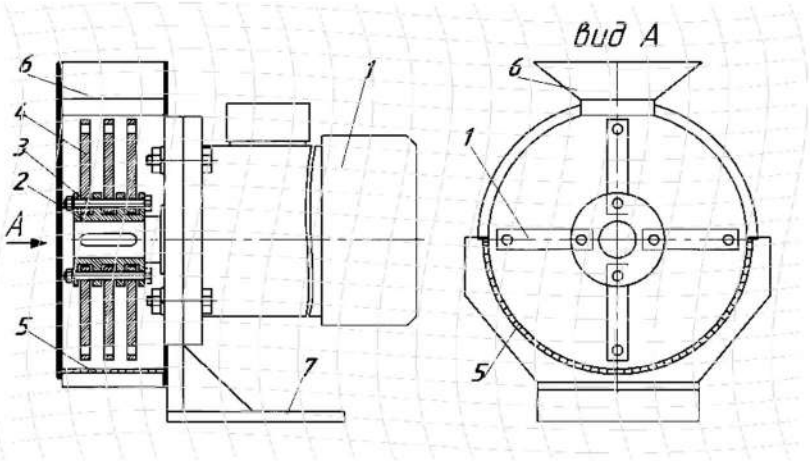


Рисунок 4.7. Молоткова дробарка:
1 – двигун; 2 – диск; 3 – вісь молотків; 4 – молоток; 5 – сито;
6 – приймальна воронка; 7 – станина.

Продукт подається у воронку 6 і подрібнюється молотками. Подрібнений продукт виходить через сито 5. Зазор між молотком і ситом становить 3–5 мм.

Молоток вільно повертається навколо осі 2. Тому, якщо в дробарку потрапить дуже твердий матеріал, молоток відхилиться, компенсуючи ударні навантаження.

Зі зношенням робочих кромок молотка знижуються якість подрібнення і продуктивність. Тоді молотки повертають та закріплюють іншим кінцем.

Колоїдні млини. Дозволяють одержати частинки розміром менше 1 мікрона. Вони використовуються для приготування паст і емульсій.

Для запобігання злипання частинок подрібнення проводять у диспергованому рідкому середовищі.

На валу 8 (рисунок 4.8) перебувають два конусні ротори 1 і 3. У корпусі млина закріплено два статори 2 і 4. Поверхні ротора і статора рифлені. Між ротором і статором є дуже маленький зазор (мінімально 0,05 мм). Зазор зменшується зверху вниз за ходом продукту.

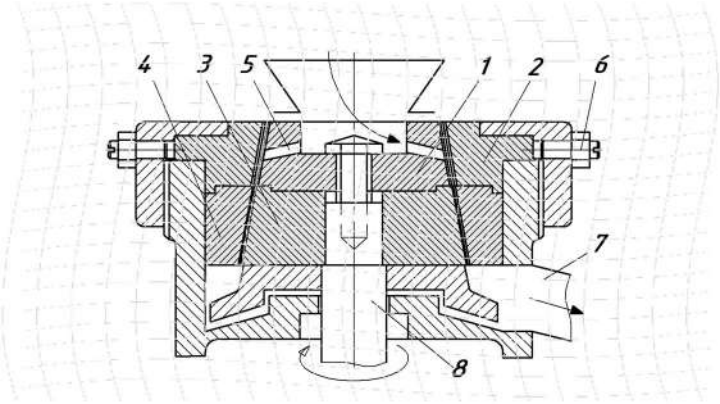


Рисунок 4.8. Колоїдний млин:
1,2 – ротор і статор грубого помелу; 3,4 – ротор і статор тонкого помелу; 5 – канал; 6 – регулювальна гайка;
7 – вивантажувальний патрубок; 8 – вал.

Матеріал надходить на верхнє кільце ротора 4, і під дією відцентрової сили каналами 5 надходить у зону подрібнення між ротором і статором. У верхній частині млина відбувається грубе подрібнення, а в нижній – тонке. Подрібнений матеріал виводиться через патрубок 7. Зазор між ротором і статором змінюється за допомогою накидної гайки 6, що дозволяє змінювати ступінь подрібнення.

Колова швидкість у зоні подрібнення досягає 120 м/с.

Штифтові млини. Ці млини застосовуються в кондитерському виробництві для подрібнення крупки в терте какао, і какао-макуху в какао-порошок.

Штифтові млини мають штифти, концентрично розташовані на двох обертових дисках. Дисковий штифтовий млин з одним обертальним диском називається дисмембратор, а із двома – дезінтегратор.

У дисмембраторі (рисунок 4.9) подрібнений продукт через конічний отвір кришки 1 надходить разом з повітрям у простір між дисками 2 і 3. На дисках по концентричних колах закріплені штифти 4. Штифти одного диска розташовуються в кільцевому просторі іншого диска. Диск 2 прикріплений до кришки 1. Диск 3 прикріплений до планшайби 6, яка шпонкою кріпиться до валу 7. Частота обертання диска – 6000 об/хв.

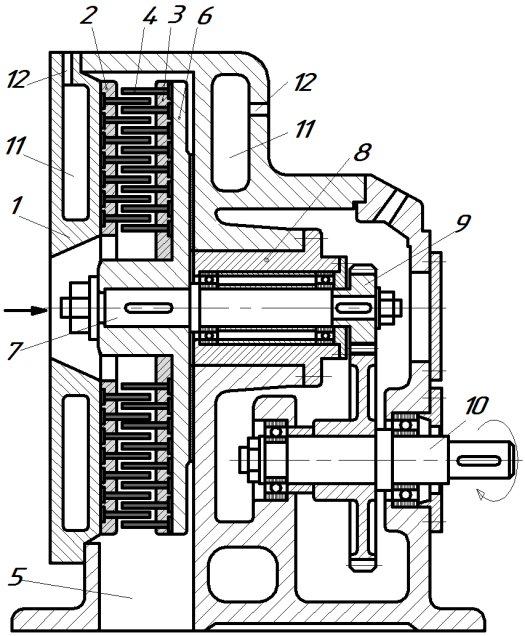


Рисунок 4.9. Штифтовий млин (дисмембратор)
1 – кришка;
2, 3 – диски;
4 – штифти;
5 – вихідний отвір;
6 – планшайба;
7 – вал;
8 – підшипниковий вузол;
9 – зубчаста передача;
10 – привідний вал; 11 – охолоджувальна сорочка;
12 – патрубки подачі води.

У просторі між дисками продукт завдяки багаторазовим ударам об штифти подрібнюється, і виводиться із дробарки через отвір 5. За подрібненні продукт сильно нагрівається. Тому кришка і корпус млина охолоджуються водяною сорочкою 11, у яку через отвори 12 подається охолоджувальна вода.

Штифтові дробарки прості за конструкцією, мають високу продуктивність і ступінь подрібнення, але під час роботи вони утворюють багато пилу.

Дискові дробарки. Дискові дробарки *(рисунок 4.10*) застосовуються для подрібнення зерна, солоду, сухарів, горіхів та інших матеріалів. Продукт подрібнюється між двома дисками – рухомим і нерухомим. Рухомий диск 2 закріплено на валу 1, який обертається в нерухомому корпусі. Корпус дробарки закритий кришкою, до якої прикріплений нерухомий диск 3. Вал за допомогою спеціальних пристроїв можна переміщати в осьовому напрямку, зменшуючи або збільшуючи зазор між дисками. Диск може бути виведений рукояткою з робочого положення. Зношена знімна частина диска замінюється.

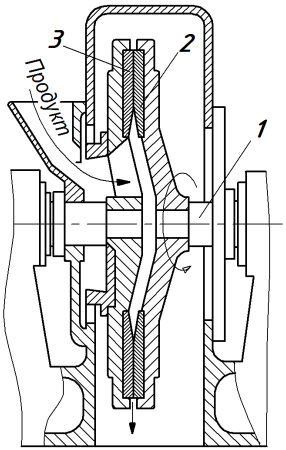


Рисунок 4.10.
Дискова дробарка:
1 – вал;
2, 3 – диски.

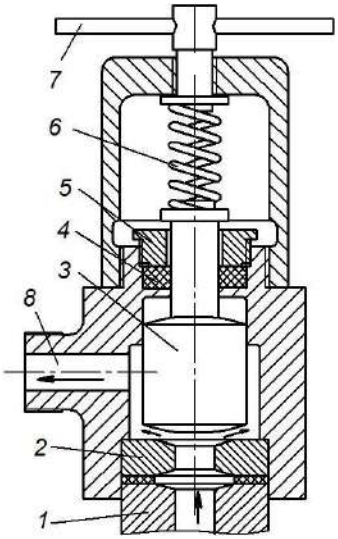


Рисунок 4.11.
Клапанний гомогенізатор:
1 – канал подачі продукту;
2 – сідло; 3 – клапан;
4 – ущільнення; 5 – гайка;
6 – пружина;
7 – гвинтовий пристрій;
8 – канал для відведення продукту.

4.2.2. Обладнання для диспергування емульсій

У деяких галузях харчової промисловості є необхідність тонкого подрібнення частинок емульсії. Наприклад, для одержання кондитерських виробів необхідно створити стабільну водно-жирову емульсію; для запобігання розділення молока в процесі його зберігання, продуктів дитячого харчування, майонезу необхідно подрібнити жирові частики, які в них перебувають. Стійкість емульсії підвищується зі зменшенням розмірів частинок дисперсної фази.

Клапанні гомогенізатори. Клапанні гомогенізатори (рисунок 4.11) використовують для подрібнення частинок емульсій, наприклад, молока. Емульсія проходить через тонку щілину (близько 0,1 мм) між клапаном і сідлом зі швидкістю понад 200 м/с. Після

клапану створюється перепад тиску, швидкість рідини збільшується, і частинки емульсії подрібнюються в 5–10 разів.

Після гомогенізації молоко зберігається тривалий час без розшарування на вершки і знежирене молоко.

Роторний відцентровий емульгатор (рисунок 4.12) Призначений для одержання емульсій бісквітних, зефірних, цукеркових і інших мас.

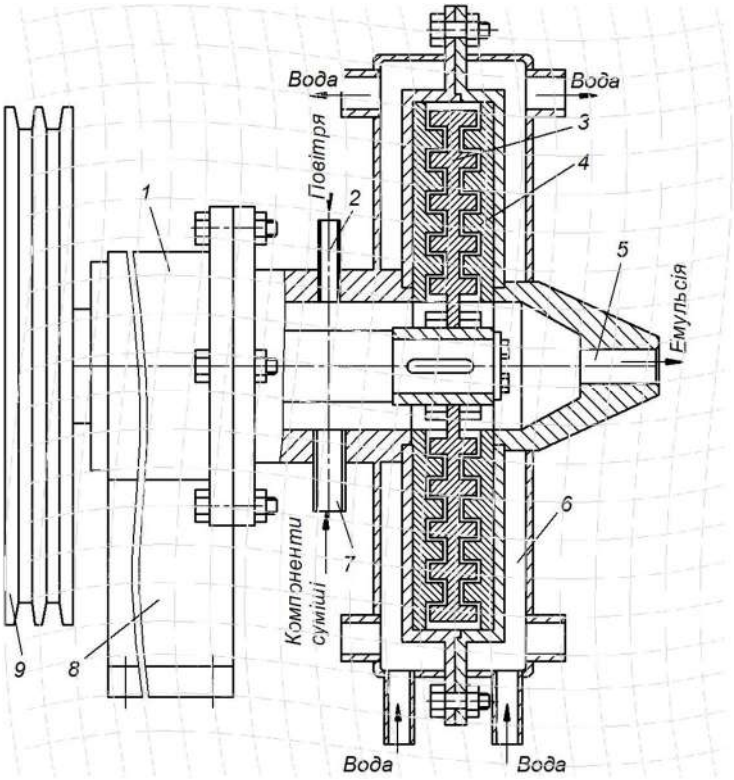


Рисунок 4.12. Роторний відцентровий емульгатор:
1 – корпус підшипників; 2, 7 – патрубки подачі повітря і компонентів суміші; 3 – ротор; 4 – статор; 5 – патрубок виходу емульсії; 8 – станина; 9 – шків.

Робочий орган – ротор 3, який виконаний у вигляді диска із симетричними виступами (рисунок 4.12). Ротор закріплений на валу і обертається із частотою 300–1000 об/хв. З невеликим зазором конфігурацію ротора повторюють стінки статора 4. Між ротором і

статором утворюється зазор шириною 1 мм. Вихідні компоненти надходять через патрубок 7. Через патрубок 2 подається повітря. Рідкі компоненти і повітря проходять через зазор між ротором і статором, при цьому жирові частинки дрібно розбиваються, утворюючи стійку емульсію, насичену повітрям, яка виходить через патрубок 5.

Зовні статор закритий водяною сорочкою 6, яка підтримує температуру суміші.

4.2.3. Протиральні машини

Протиральні машини використовуються у виробництві пюреподібних продуктів, соків, концентрованих томатних продуктів і інших рослинних напівфабрикатів.

Вони розділяють рослинну сировину на дві фракції: рідку з м'якоттю, з якої виготовляють консервовані продукти, і тверду – відходи (шкірочка, насіння, кісточки, плодоніжки) шляхом продавлення маси через отвори сита.

Розглянемо конструкцію протиральної машини (рисунок 4.13).

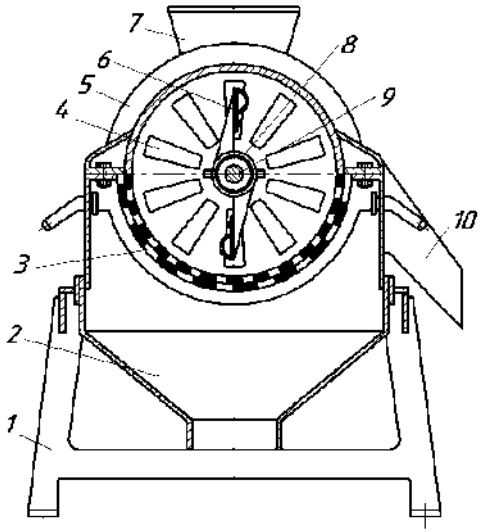


Рисунок 4.13.
Протиральна машина:
1 – станина;
2 – бункер для протертої маси;
3 – барабан;
4 – бичі;
5 – кожух;
6 – лопать;
7 – бункер;
8 – шнек;
9 – вал;
10 – бічний люк.

Основні вузли машини – ситчастий барабан, бичовий пристрій, пристрій подачі сировини до бичів і видалення відходів з барабану.

Бичі 4 і циліндричний барабан 3 змонтовано на станині 1. Верхня половина барабану – суцільна, а нижня – ситова. Зверху барабан закривається кожухом 5.

Продукт із бункера 7 шнеком 8 переміщується до обертових лопатей 6, перетворюється в тістоподібну суміш і надходить у барабан.

Бичі захоплюють масу і приводять її в обертальний рух. Під дією відцентрової сили і тиску бичів м'якоть продавлюється через сито і потрапляє у бункер 2. Шкірочка, насіння або кісточки видаляються через бічний люк 10.

4.3. Обладнання для розділення харчових продуктів різанням

4.3.1. Загальні відомості

Різання – технологічний процес оброблення матеріалу з порушенням його цілісності, який виконується різальним інструментом з метою надання матеріалу заданої форми, розмірів і якості поверхні.

Робочі органі різального обладнання називають *ножами*, стрічкові і дискові зубчасті ножі іноді називають *пилами*.

Частину ножа, яка розрізає продукт, і має певний кут заточення і гостроту, називають *лезом*.

Руйнування продукту відбувається коли прикладене зусилля перевищить опір матеріалу різанню.

Для визначення витрат енергії на різання і потужності різальних машин необхідно знати зусилля різання.

Розглянемо зусилля, що діють на лезо *(рисунок 4.14)*.

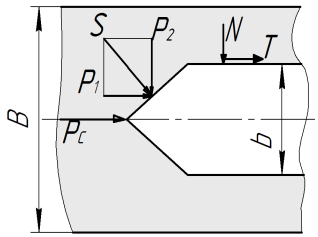


Рисунок 4.14. Схема сил під час різання

На лезо діє зусилля опору руху *P:*

$$P = P_c + 2P_1 + 2T = P_{різ} + 2T$$

де: P_c – сила на різальній кромці, *H*;

P_1, P_2 – проекції нормального зусилля S на фасці ножа (зусилля P_1 зминає продукт під фаскою);

T – сила тертя на бічній поверхні ножа, *H*;

Звичайно використовують поняття *зусилля різання* $P_{різ}$, яке поєднує зусилля опорів P_c і нормальне зусилля на фасці P_1:

$$P_{різ} = P_C + 2P_1$$

У розрахунках зусилля різання визначається так:

$$P_{різ} = P_{різ}^{пит} \cdot L, \quad H$$

де $P_{різ}^{пит}$ – питоме зусилля різання, або зусилля різання на 1 *м* довжини леза, *Н/м* (вибирається з довідкової літератури*)*;

L – довжина зрізу, м.

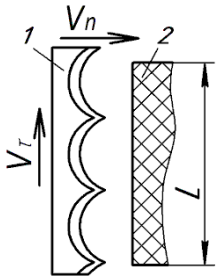


Рисунок 4.15. Схема різання зубчастим ножем: 1 – ніж; 2 – продукт.

Для різання зубчастим ножем *(рисунок 4.15*), коли тангенціальна швидкість ножа V_t набагато більша швидкості подачі V_n, зусилля різання визначається за формулою:

$$P = P_{різ}^{пит} \cdot \frac{V_n}{V_t} \cdot \mathrm{L}, \; H$$

де V_n, V_t – нормальна і тангенціальна швидкості стрічкового ножа, *м/с*;

L – висота шару продукту, *м.*

Ніж під час врізання деформує продукт у сторони. Тому на бічні грані ножа діє зусилля опору деформації N. Відповідно, зусилля тертя продукту на бічній поверхні ножа :

$$T = fN$$

де f – коефіцієнт тертя.

Нормальне зусилля на поверхню ножа N (воно ж – опір деформації), за умови, що деформування продукту пружне:

$$N = E \cdot \Delta \cdot S = E \cdot \frac{b}{B} \cdot S$$

де E – модуль пружності продукту, *Па*; Δ – відносна деформація продукту; b – товщина ножа, *м*; B – товщина продукту, *м*; S – площа контакту бічної поверхні ножа і продукту.

Знаючи питоме зусилля різання $P_{різ}^{пит}$, визначаємо потужність різання N:

$$\mathrm{N} = \mathrm{P} \cdot \mathrm{V}, \; Вт$$

де: H – переміщення ножа у продукті*, м;*

V – швидкість ножа*, м/с.*

За потужністю різання вибирається двигун різальної машини.

Слід врахувати, що для більшості харчових продуктів питоме зусилля різання $P_{рез}^{уд}$ не завжди лінійно залежить від швидкості леза. Тому дані про нього необхідно уточнювати в довідковій літературі.

Геометричні параметри різання. Кут заточення леза α утворюється фасками леза біля його різальної кромки (рисунок 4.16 а). Якщо лезо двохфаскове, то кут заточення визначається за гранями, які сходяться на кромці леза (рисунок *4.16 б).*

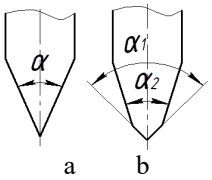


Рисунок 4.16.
Кромка ножа:
а – однофаскова; б – двухфаскова

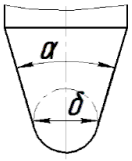


Рисунок 4.17. Кут заточення α і гострота леза δ

Різальні властивості леза у першу чергу залежать не від кута його заточення, а гостроти. *Гострота леза δ* визначається діаметром кола, вписаного в профіль кромки леза (рисунок 4.17). У процесі експлуатації лезо зношується – розмір різальної кромки збільшується.

За меншого кута заточення кращі умови різання – продукт деформується під його кромкою більш плавно.

Під час різання твердих продуктів (заморожене м'ясо, хліб із твердою скоринкою) лезо з малим кутом заточення швидко зношується. Тому застосовують двохфаскове (рисунок 15*б)* – перша фаска, під кутом 10-25º забезпечить плавне врізання леза в продукт, друга фаска, з кутом 40–60º забезпечить зносостійкість леза і його постійну гостроту.

Види різання. Різання відбувається *рубанням, рубанням під кутом* і *ковзанням* (рисунок 4.18).

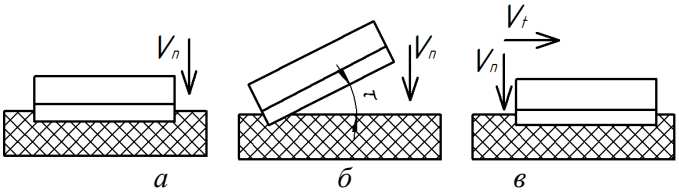


Рисунок 4.18. Види різання:
а – рубальне; б – рубальне під кутом; в – ковзальне.
V_n, V_t – нормальна і тангенціальна швидкості ножа.

Під час різання *рубанням (рисунок 4.18 а)* лезо ріже матеріал у нормальному до різальної кромки напрямку.

Під час різання *рубанням під кутом (рисунок 4.18 б)* різальна кромка розміщена під кутом до напрямку руху леза. Деформування продукту відбувається плавно, що сприяє якості зрізу.

Під час різання ковзанням *(рисунок 4.18 в)* лезо врізається в продукт у нормальному напрямку, також роблячи тангенціальний рух («ковзаючи продуктом»). Виникає тертя кромки на продукті і його зачеплення з мікронерівностями кромки, що сприяє інтенсивному різанню. Також відбувається перерозподілення зусилля різання з нормального на тангенціальний напрямок. Різання ковзанням іноді створюється під час різання плоскими ножами, і завжди – під час різання обертальними дисковими та серповидними ножами. Недолік різання ковзанням – додаткові зусилля тертя між продуктом і бічними поверхнями ножа, що приводить до збільшення енерговитрат і зниження якості зрізу.

4.3.2. Класифікація обладнання для різання

Машини для різання класифікуються за такими ознаками:

1. Конструкція і форма різального інструменту.
2. Форма різальної поверхні леза: гладка плоска, зубчаста гостра і дугоподібна, з одно і двостороннім заточенням.
3. Режим руху різального інструменту щодо продукту: поступальний, обертальний, коливальний.

Види і форми ножів показані на рисунках 4.19 і 4.20.

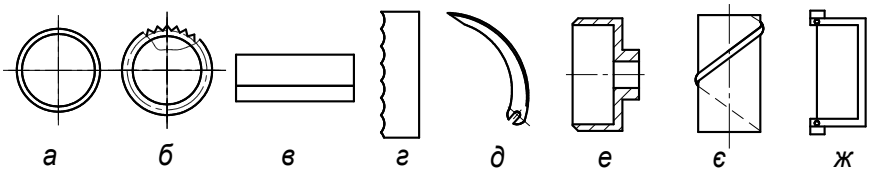


Рисунок 4.19. Види ножів:
а – гладкий дисковий; б – зубчастий дисковий; в – гладкий плоский;
г – стрічковий зубчастий; д – серповидний; е – циліндричний;
є – гвинтоподібний; ж – різальна струна.

Рисунок 4.20. Форми леза:
а – гостра зубчаста; б, в – дугоподібна зубчаста;
г, д – гладка одно і двостороннього заточення.

Найпоширеніші в харчовій промисловості – *плоскі ножі*. Їхні леза можуть бути гладкими або зубчастими.

Для твердих матеріалів (наприклад, заморожені продукти), а також в'язких і пружних (м'ясо, свіжий хліб) використовують лезо з гострими зубцями, для пластичних продуктів з низькою твердістю (рослинні і тваринні жири, шпиг, сир, варені овочі) – гладке лезо, або з невеликими дугоподібними зубцями.

Стрічкові ножі використовуються для нарізання хліба, м'ясопродуктів. Лезо стрічкового ножа в основному зубчасте. Воно може рухається з великою швидкістю (до 50 м/с) між двома шківами, завдяки чому досягається висока швидкість і продуктивність різання.

Серповидні і дугоподібні ножі використовують для поперечного різання джгутоподібних матеріалів, і для тонкого подрібнення риби, м'яса, овочів.

Циліндричні і конічні ножі використовуються для нарізання пластичних матеріалів, для оброблення овочевої сировини (наприклад, для видалення серцевини плоду).

Дискові ножі завдяки простоті конструкції використовуються на підприємствах торгівлі та харчування (нарізання м'ясних виробів, сиру). Їхній недолік – більша поверхня тертя між продуктом і бічною поверхнею ножа. При цьому знижується якість поверхні зрізу і зростає енергоспоживання різального механізму.

Дисковий ніж за правильного конструктивного оформлення здатний втягувати продукт у зону різання.

Різальна струна діаметром 0,2–2 мм використовується для нарізання в'язко-пластичних матеріалів однорідної структури (масла, маргарину, цукеркової маси), а також крихких продуктів (наприклад, вафельних листів).

4.3.3. Різальні машини для нарізання харчових продуктів

Принцип роботи різальних машин базується на відносному русі матеріалу і ріжучого робочого органа.

Шпигорізки використовуються для нарізання шпику, а також вареного м'яса на кубики або смужки.

Шпигорізка складається з вузлів різання, подачі, завантаження і приводу.

Шпигорізальний механізм (рисунок 4.21) складається із приводного валу 1, на якому закріплений серповидний ніж 2 і ексцентриковий кулачок 3, розташований у захваті вилки 4. Під час обертання валу рух від кулачка передається вилці і ножовій рамці 5, яка робить зворотно-поступальні рухи у горизонтальному напрямку. У рамці 5 закріплений пакет плоских ножів 6. Рамка 5 через систему важелів 11 передає рух рамці 7, яка рухається у вертикальному напрямку. На рамці 7 теж закріплений пакет ножів 8.

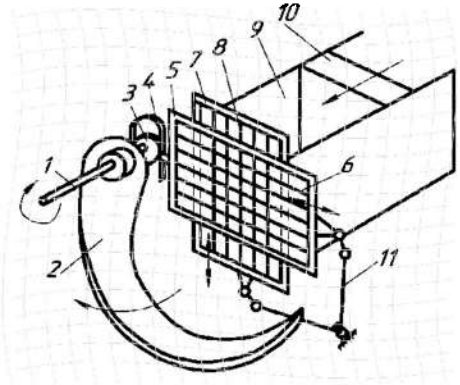


Рисунок 4.21. Схема шпигорізального механізму:
1 – приводний вал;
2 – серповидний ніж;
3 – ексцентриковий кулачок;
4 – вилка;
5, 7 – ножові рамки;
6, 8 – пакети ножів;
9 – короб;
10 – поршень;
11 – система важелів.

Різальний механізм установлено біля короба 9, у якому переміщається поршень 10. Штовхач може робити безперервний або пульсувальний рух від механізму подачі.

Короб може бути поворотним і складатися з декількох секцій: під час нарізання продукту в першій секції інші заповнюються продуктом. Це збільшує продуктивність машини.

Розміри нарізаних шматочків визначаються відстанню між плоскими ножами в рамках, а також величиною подачі продукту за один оберт серповидного ножа.

Продуктивність шпигорізки, *кг/с*:

$$П_T = abv\rho\varphi = abcn_c\rho\varphi$$

де: a і b – розміри перетину короба, м; v – швидкість подачі шпику уздовж короба, м/с;

c – подача шпику штовхачем на один оберт серповидного ножа;

n_c – частота обертання серповидного ножа, об/сек;

ρ – густина шпику, кг/м^3;

φ – коефіцієнт, що враховує густину укладання шпику в коробі.

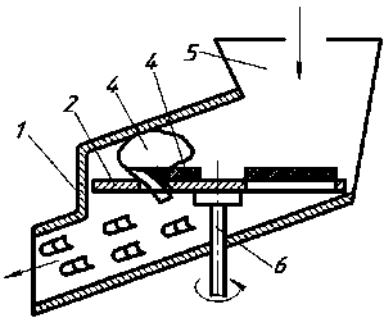


Рисунок 4.22. Схема дискової овочерізки:
1 – корпус; 2 – диск;
3 – продукт; 4 – ніж;
5 – бункер; 6 – вісь.

Дискова овочерізка. Робочим органом дискової овочерізки (рисунок 4.22) є обертальний диск 2. На диску закріплені плоскі або серповидні ножі 4. Лезо ножа підняте над диском. Корпус 1 овочерізки над зоною різання має форму клина з певним кутом підйому – це сприяє надійній фіксації продукту під час різання. Умова фіксації продукту – кут підйому корпусу повинен бути менше кута тертя продукту на його поверхні.

Сировина з бункера 5 подається в зону різання, і під дією відцентрової сили заклинюється між корпусом і диском.

Форма відрізаного шматочка визначається формою леза різального органу.

Хліборізальні машини. Розглянемо *хліборізальну машину* (рисунок 4.23) *з пакетом пластинчастих ножів* зі зворотньо-поступальним рухом.

У машині в двох ножових рамках закріплені зубчасті ножі 2. Рамки з ножами роблять зворотно-поступальний рух.

Привід механізму машини здійснюється від двигуна 5 зубчастою передачею 6 на колінчастий вал 7, який через шатуни і повзуни передає ножовим рамкам зворотно-поступальний рух. Від колінчастого валу через черв'ячний редуктор 8 за допомогою ланцюгових передач 9 і 10 рух передається привідним валам транспортерів подачі 4 і вивантаження 1. Прижимному транспортеру 3 рух передається від приводного валу транспортера подачі 4 зубчастою і ланцюговою передачею.

Хліб транспортером подачі 4 подається до ножових рамок 5. Його переміщення в зоні різання забезпечується транспортерами 3 і 4, а також під дією зусилля з боку наступного виробу.

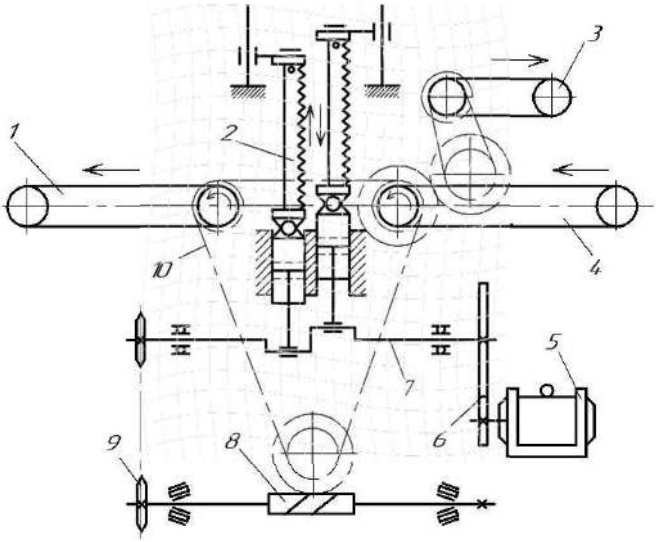


Рисунок 4.23. Схема хліборізальної машини з пакетом пластинчастих ножів:
1 – транспортер вивантаження; 2 – пакет ножів; 3 – прижимний транспортер; 4 – транспортер подачі; 5 – двигун; 6 – зубчаста передача; 7 – колінчастий вал; 8 – черв'ячна передача; 9 – ланцюгові передачі.

У машині дві ножові рамки, які рухаються в протилежних напрямках. Завдяки цьому врівноважуються зусилля різання, що діють на продукт від кожної рамки, і продукт не рухається разом з ножами.

Нарізані скибки відводяться від ножів транспортером 1. Товщина нарізаних шматків – від 9 мм. Продуктивність – до 500 виробів за годину.

Хліб перед нарізанням витримується (охолоджується) мінімум 5 годин. Свіжий хліб під час різання буде деформуватися, кришитися і налипати на ножі. Тому такі машини використовують для нарізання хліба на підприємствах малої потужності, а також нарізанні сухарних шпал.

Зазначені недоліки відсутні у сучасних *різальних машинах зі стрічковими ножами*. Робочим органом таких машин є стрічкові зубчасті ножі, які зварені своїми кінцями і рухаються між двома барабанами.

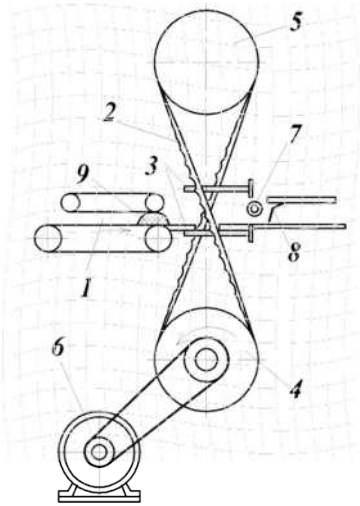


Рисунок 4.24. Схема хліборізальної машини зі стрічковими ножами:
1 – механізм подачі хліба;
2 – стрічковий ніж; 3 – ролики;
4,5 – привідний і натяжний барабани; 6 – привід;
7 – фотодатчик; 8 – механізм відведення скибок; 9 – хліб.

Хліб подається механізмом подачі 1 (рисунок 4.24), який складається з транспортерів – нижнього, подавального, і верхнього, притискного. Вони подають хліб до пакета стрічкових ножів 2 зі швидкістю 3–8 см/с. Ножі рухаються між двома барабанами зі швидкістю до 10 м/с. Нижній барабан 4 – приводний, він приводиться в рух від приводу 6, верхній барабан 5 – натяжний. Напрямні ролики 3 забезпечують потрібне положення ножів у зоні різання, повертаючи різальну кромку на 90°. Розташування роликів дозволяє одним ножем відрізати одночасно 2 шматка хліба. Продукт не захоплюється ножем, а перебуває в рівновазі, тому що ножі в площині різання з різних сторін напрямного ролика рухаються у протилежні сторони.

Нарізаний хліб фіксується фотодатчиком 7. Під час подачі сигналу від фотодатчика спрацьовує механізм відведення 8 нарізаного хліба до пакувальної машини.

Ця машина забезпечує високу швидкість руху різального інструменту. Відомо, що за високих швидкостей різання знижуються зусилля різання і знижується деформування продукту під ріжучою кромкою леза. Тому на такому обладнанні можливо нарізати хліб після витримування (охолодження) менше двох годин, забезпечуючи високу продуктивність процесу і якість поверхні зрізу.

Аналогічні за конструкцією машини використовуються для *розрізання м'ясних туш* на м'ясопереробних комбінатах. Тушу розрізають одним зубчастим ножем, який, залежно від типу машини, робить зворотно-поступальний рух, або стрічковим зубчастим ножем, який заварений за кінці і рухається між двома шківами.

4.3.4. Машини для середнього і тонкого подрібнення

Машину для середнього і тонкого подрібнення розглянемо на прикладі вовчка.

На вовчках (рисунок 4.25а) подрібнюють м'ясо, жировмісну сировину, хліб, картоплю та ін. Різальний орган складається з обертального ножа і решіток. Продукт у робочій камері 1 подається шнеком 2 до різального механізму. У робочій камері є ребра 3, які перешкоджають провертанню продукту шнеком. Крок витків шнека зменшується убік розвантаження. При цьому створюється тиск, необхідний для проходу продукту через різальний механізм.

Різальний механізм складається з нерухомої підрізної решітки 4, обертальних ножів 9 і нерухомих ножових решіток 5 і 6 з отворами різного діаметру.

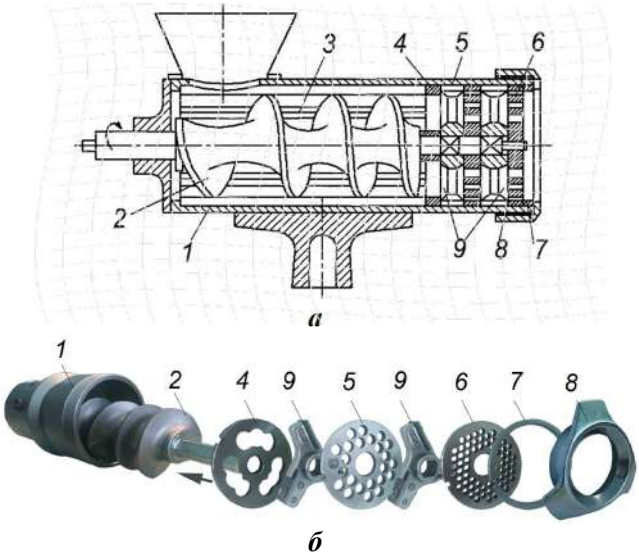
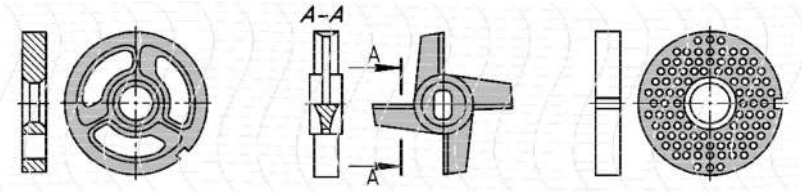


Рисунок 4.25. Робоча частина вовчка (а) і схема різального комплекту (б):

1 – робоча камера; 2 – шнек; 3 – ребра; 4 – підрізні решітки; 5, 6 – ножові решітки; 7 – упорне кільце; 8 – натискна гайка; 9 – ножі.



а *б* *в*

Рисунок 4.26. Різальні інструменти вовчків:
а – нерухомі підрізні решітки; б – обертальний двосторонній ніж; в – ножові решітки.

Продукт проштовхується шнеком і нарізається різальними кромками нерухомих підрізних решіток і різальними кромками обертального двостороннього ножа. Потім попередньо здрібнений продукт вдавлюється в отвори перших ножових решіток і відрізається тим же ножем.

Проходячи інші решітки, продукт подрібнюється аналогічно, і на виході має форму товстих ниток, що складаються зі злиплих частинок.

Нерухомі підрізні решітки (рисунок 4.26а) складаються із внутрішнього і зовнішнього кілець, з'єднаних перемичками. Перемички з однієї сторони заточені.

Обертальні ножі (рисунок 4.26б) мають радіальні леза з двома різальними площинами. Ножі об'єднані в окремі хрестовини, які мають 4 промені.

Нерухомі ножові решітки (рисунок 4.26в) – це диски із круглими отворами. Вони працюють у парі з обертальними ножами.

Ножі і решітки розміщені на одному валу зі шнеком. Решітки втримуються від провертання шпонкою, жорстко закріпленою в корпусі вовчка.

Щільний контакт решіток з ножами забезпечується упорним кільцем 7 і гайкою 8.

На рисунку 4.24*б* показаний приклад набору різального механізму.

Продуктивність вовчка:

$$Q = k \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot n \cdot (s - t) \cdot \rho \text{, } кг/с$$

де k – коефіцієнт заповнення, для виробничих вовчків k = 0,2–0,5;

D – діаметр шнека, м; d – діаметр валу, *м;*

n – частота обертання шнека, *об/с;*

s – крок витків шнека, *м.*

t – товщина витка за середнім діаметром, *м*

ρ – густина продукту, *кг/м*^{3}.

Подача сировини у вовчок може відбуватися вільно і примусово, за допомогою шнекових живильників.

4.3.5. Машини для тонкого подрібнення

Як приклад розглянемо кутер. *Кутер* призначений для перетворення м'ясопродуктів в однорідну масу (фарш). В кутерах відбувається не лише подрібнення матеріалу, але і його перемішування, тому вони застосовуються для приготування фаршів з різними компонентами. Сировина перед обробленням на кутері попередньо подрібнюється на вовчках.

М'ясо в кутері *(рисунок 4.27)* подрібнюється серповидними ножами, установленими на одному або декількох валах.

Кутер складається із чаші 1 і різального механізму, що включає привідний вал 3 і серповидні ножі 2. Робоча зона, у якій обертаються вал і ножі, закривається під час роботи кришкою 4. До кришки прикріплені лопаті 5, які перемішують продукт в напрямку до різального механізму.

Кількість ножів у різальному механізмі звичайно становить від 2 до 9, частота обертання ножів – до 3000 об/хв, чаші – до 30 об/хв.

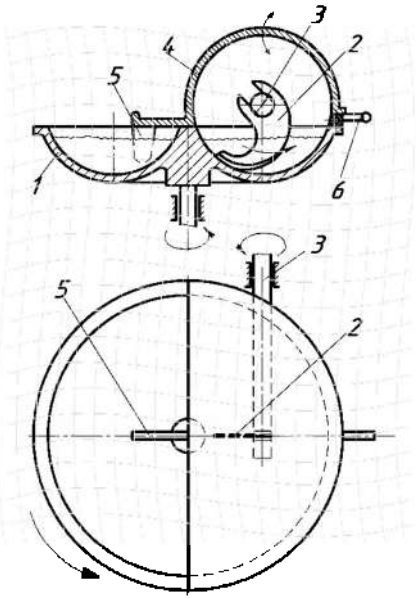


Рисунок 4.27. Схема кутера:
1 – чаша; 2 – серповидний ніж; 3 – вал;
4 – кришка; 5 – лопать; 6 – рукоятка.

Подрібнення проводиться у відкритих чашах або під вакуумом, тому що в процесі подрібнення фарш насичується повітрям, що приводить до погіршення зовнішнього вигляду готових м'ясних продуктів.

Для підвищення продуктивності використовуються агрегати, що поєднують в одній машині операції попереднього (вовчки) і тонкого (кутери) подрібнення, а також перемішування сировини.

4.4. Обладнання для розділення сипких сумішей

4.4.1. Способи розділення сипких сумішей

Під час оброблення сипких матеріалів часто виникає необхідність розділити їх на фракції, що розрізняються геометричними, аеродинамічними, магнітними, пружними та іншими властивостями.

Так, у борошномельному виробництві продукти помелу розділяються на висівки і борошно; у борошномельному, спиртовому, пивоварному виробництвах проводитися сепарування зернових сумішей з метою очищення від домішок, у тому числі металевих. Процес розділення сипкої суміші на складові компоненти, більш однорідні за ознакою розподілу, називається *сепаруванням.*

Сепарування здійснюється на машинах, які називаються *сепараторами.*

Сепаратори бувають прості, у яких зернова суміш розділяється за однією ознакою на дві фракції, і більш поширені складні, у яких суміш розділяється за декількома ознаками на три і більше фракції.

Принцип дії сепараторів базується на різних фізико-механічних властивостях компонентів зернової суміші, які одержали назву ознаки:

- Геометричні параметри (довжина, ширина, товщина);
- Аеродинамічні властивості;
- Магнітні властивості;
- Густина;
- Пружність;
- Стан поверхні (коефіцієнт тертя);

Можливість розділення суміші на компоненти із заданою ефективністю визначається її подільністю за даною ознакою. Для оцінки подільності суміші і вибору інженерного варіанта сепарування, тобто сепаратора, необхідно провести статистичний аналіз варіації властивостей за даною ознакою і побудувати *варіаційні криві* для кожного компонента за даною ознакою *(рисунок 4. 28)*.

Зрівнявши всі варіаційні криві для компонентів суміші вибирають конкретний варіант процесу сепарування.

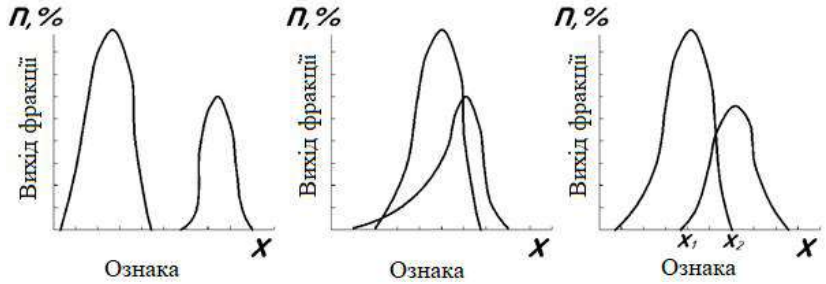


Рисунок 4.28. Варіаційні криві двокомпонентної сипкої суміші
1,2 – компоненти суміші.

Під час аналізу варіаційних кривих компонентів сипкої суміші можливі такі випадки.

– Варіаційні криві не перекриваються (рисунок 4.28а) – можливий повний розділення суміші на компоненти за даною ознакою;
– Варіаційні криві перекриваються (рисунок 4.28б) – розділення практично неможливий, необхідно вибрати іншу ознаку поділу.
– Варіаційні криві частково перекриваються (рисунок 4.28в) – можливо неповний поділ. У цьому випадку можна провести сепарування на три фракції:
  - За значенням ознаки x_1, виділивши чисту першу фракцію;
  - За значенням ознаки x_2, виділивши чисту другу фракцію;
  - Третю фракцію зі значеннями ознаки від x_1 до x_2, що є неподільною сумішшю двох компонентів, розділити за іншою ознакою сепарування.

Наприклад, під час розділення пшениці з домішками куграю не вдається їх розділити за геометричними ознаками на ситах і трієрах, тому що варіаційні криві перекриваються, але їх можна розділити на повітряних сепараторах за аеродинамічними властивостями.

4.4.2. Повітряні сепаратори

Повітряні сепаратори застосовують для розділення сипких сумішей, у яких компоненти мають різні аеродинамічні властивості.

Принцип повітряної сепарації суміші сипких матеріалів заснований на різних аеродинамічних властивостях компонентів суміші. Визначальною властивістю її подільності в повітряному потоці служить швидкість витання частинки матеріалу.

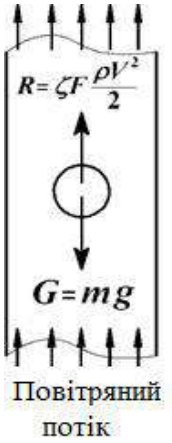


Рисунок 4.29. Розділення зернової суміші за швидкістю витання частинок

Якщо у вертикальний повітряний потік помістити частинку зернової суміші, то вона буде перебувати під дією сили тяжіння G і сили опору R (рисунок 4.29).

За турбулентного руху повітряного потоку, наприклад у вертикальному пневмосепару-вальному каналі, сила опору в основному залежить від динамічного впливу потоку на частинку і визначається формулою Ньютона:

$$R = \zeta \cdot F \cdot \frac{\rho \upsilon^2}{2},$$

де ζ – коефіцієнт аеродинамічного опору; F – площа проекції частинки на площину, нормальну до вектору її відносної швидкості, *м*^{2}; ρ – густина повітря, *кг/ м*^{3}; υ- відносна швидкість частинки, *м/с*.

Величина коефіцієнта ζ залежить від форми частинки, стану її поверхні і режиму потоку, тобто від величини критерію Рейнольдса *Re*.

У вертикальному висхідному потоці повітря сили тяжіння і опору, що діють на частинку, завжди направлені в протилежні сторони, у зв'язку із чим можливо три випадки:

R>G – частинка рухається угору;

R=G – частинка в рівновазі;

R<G – частинка рухається вниз;

У такий спосіб відношення R/G визначає напрямок руху частинки і свідчить про можливість розділення частинок повітряним потоком.

Швидкість повітряного потоку $\upsilon_в$, за якої частинка перебуває у підвішеному стані, називають *швидкістю витання*, або критичною швидкістю.

$$\upsilon_в = \sqrt{\frac{2 \cdot G}{\xi \cdot F \cdot \rho}}$$

Найбільш широке поширення повітряні сепаратори знайшли в зернопереробній промисловості.

Повітряний сепаратор. Призначений для очищення зерна від легких домішок. Приймальна камера 12 сепаратора *(рисунок 4.30)* зварної конструкції має отвір у верхній частині для надходження зерна. Корпус виготовлений з листової сталі у вигляді вертикального прямокутного каналу.

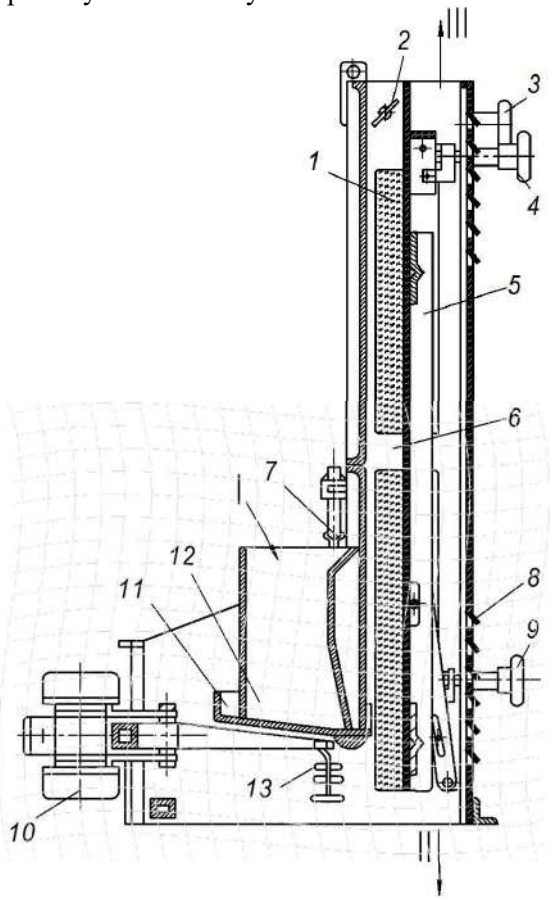


Рисунок 4.30. Повітряний сепаратор РЗ-БАБ:
1 – оглядове вікно;
2 – дросельна заслінка;
3 – штурвал заслінки;
4, 9 – штурвали рухомої стінки;
5 – рухома стінка;
6 – пневмо-сепаруальний канал;
7 – пружина;
8 – жалюзі;
10 – вібратор;
11 – вібролоток;
12 – приймач;
13 – вісь.
I – вихідна суміш;
II – очищене зерно;
III – легкі домішки з повітрям.

На боковинах сепаратора за всією висотою розташовані оглядові вікна. Задня стінка має жалюзі *8* для надходження повітря в пневмосепарувальний канал. У середині корпусу встановлена рухома стінка *5,* яка з передньою стінкою корпусу утворює пневмосепарувальний канал *6.* Рухома стінка складається з верхньої і нижньої частин, шарнірно з'єднаних між собою. Положення обох частин регулюють штурвалами 4 і 9 так, що можна встановлювати

різну швидкість повітря у верхній і нижній частинах пневмосепарувального каналу.

У верхній частині пневмосепаруючого каналу встановлена дросельна заслінка *2* для регулювання витрат повітря. Її положення фіксують штурвалом *3.* Вібролоток *11* зварної конструкції забезпечує подачу зерна в пневмосепарувальний канал. Гумова накладка вібролотка служить днищем приймальної камери. З корпусом лоток з'єднаний гумовими підвісками і пружинами 7, які забезпечують необхідний підпір зерна в прийомній камері незалежно від навантаження, що запобігає підсмоктуванню повітря в пневмосепарувальний канал. Для встановлення початкового зазору між вібролотком і приймальною камерою служить вісь із обмежувачем ходу *13.* Це гвинтовий пристрій, на який опирається вібролоток.

Вібролоток приводиться у коливальний рух інерційним вібратором *10,* який являє собою електродвигун з дисбалансними вантажами. Змінюючи їх положення, збільшують або зменшують амплітуду коливань вібролотка в межах 1,5–2,5 мм. На бічній стінці корпуса розташована люмінесцентна лампа, що висвітлює пневмосепарувальний канал для полегшеня візуального контролю і регулювання робочого процесу.

Технологічний процес у повітряному сепараторі відбувається у такий спосіб. Зерно надходить у приймальну камеру *12,* потім на вібролоток *11*. Підпір зерна перешкоджає підсмоктуванню повітря в приймальну камеру. Вібролоток не тільки вирівнює шар зерна на всій довжині пневмосепарувального каналу, але і сприяє розшаруванню зернової суміші так, що легкі домішки переміщуються у верхній шар. Це сприяє більш ефективному їхньому видаленню повітрям. Крім того, рухому стінку 5 у нижній частині встановлюють у таке положення, щоб шар зерна, що сходить із вібролотка 11, був практично горизонтальним. Усе це створює оптимальні умови для пневмосепарування.

Основна кількість повітря, проходячи під вібролотком 11, поєднується з повітрям, що надходить через жалюзі задньої стінки, і пронизує шар зерна. Додаткове надходження повітря через жалюзі перешкоджає осіданню пилу в пневмосепарувальному каналі. Легкі домішки разом з повітрям піднімаються нагору каналом і надходять до аспіраційної системи, а очищене зерно виводиться через випускний патрубок.

Пневматичний сепаратор. Призначений для розвантаження зерна, яке переміщується в нагнітальній мережі пневмотранспорту, а також для виділення аспіраційних віднесень: важких (щуплих, поїдених і битих зерен) і легких (оболонок, пилу).

Циліндричний корпус сепаратора *(рисунок 4.31*) є зварною конструкцією.

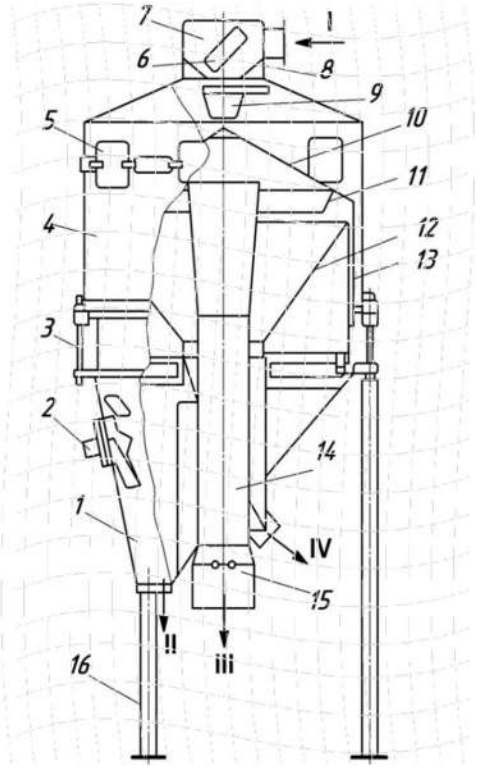


Рисунок 4.31.
Пневматичний сепаратор РЗ-БСД:
1 – випускний патрубок;
2 –електросигналізатор;
3-стійка;
4 – корпус;
5 – вікно;
6 – відбивач;
7 – приймальний патрубок;
8 – фланець;
9 –напрямна воронка;
10 – розподільчий конус;
11 – козирок;
12 – конус;
13 – внутрішній кожух;
14 – патрубок;
15 – дросельна заслінка;
16 – опора.

I – зерно з повітрям;
II – очищене зерно;
III – легкі домішки з повітрям;
IV – важкі віднесення.

У верхній частині встановлені гвинти для кріплення напрямної воронки *9,* а в нижній частині розташовані стійки 3, що з'єднують корпус із випускним патрубком 1 для очищеного зерна і опорами 16. Корпус має три вікна 5, які призначені для регулювання напрямної воронки *9* і спостереження за рівномірністю розподілу зерна.

Приймальний патрубок 7 закріплений зверху на корпусі поворотним фланцем 8. В середині патрубка розташований відбивач

6, що направляє потік зерна у воронку. Для обслуговування передбачена знімна кришка.

Розподільний конус 10 є зварною конструкцією, що складається з конусної і циліндричної частин. Тут відбувається рівномірний розділення зерна периметром повітряного каналу. Кожух 13 утворює циліндр, усередині якого приварений перевернутий зрізаний конус 12. Вони утворюють камеру осадження, де осідають важкі віднесення (частинки зерна).

Потік повітря проходить через патрубок 14 і дросельну заслінку *15* у фільтр-циклон аспіраційної мережі, де осідають легкі домішки.

Випускний патрубок 1 виконаний у вигляді неправильного конуса. До конусної частини фланцем прикріплений електросигналізатор *2***.** Накопичуючись, зерно через стержень натискає на мікровимикач, з'єднаний з подачею зерна. Подача зерна відновлюється автоматично.

Технологічний процес проходить у такий спосіб. Зерно I разом транспортувальним повітрям з нагнітального продуктопроводу надходить через приймальний патрубок 7 у сепаратор, ударяється об відбивач 6 і падає в напрямну воронку *9.* З неї воно потрапляє в конус *10,* рівномірно розподіляючись по колу, зсипається через зовнішній кільцевий простір на напрямне кільце. Далі зерно надходить у кільцевий канал, де пронизується зустрічним потоком повітря. Очищене зерно *II* падає вниз, а легкі частинки відносяться в осадову камеру. Там вони додатково розділяються на важкі *IV* і легкі *III* частинки. Важкі виводяться з осадової камери через шлюзовий затвор, а легкі відносяться повітряним потоком в аспіраційну мережу.

4.4.3. Ситові сепаратори

Для очищення зерна від домішок, що відрізняються геометричними розмірами, застосовують ситові сепаратори та повітряноситові сепаратори.

В останніх додатково очищають зерно від домішок за аеродинамічними властивостями. У них зерно від дрібних і великих домішок очищають на ситах, а від легких у пневмосепаруючих каналах перед подачею зерна на сита і на виході з машини.

Сита, які використовуються для сепарування розрізняються за розмірами, формою отворів і матеріалом.

У ситових сепараторах застосовуються штамповані (пробивні) сита з круглими, довгастими і трикутними формами отворів; плетені металеві і тканинні сита із квадратною формою отворів.

Для сепарування вихідної суміші за товщиною зерен установлюють сита з довгими отворами, а за шириною – сита із круглими отворами.

Сито характеризується робочим розміром і коефіцієнтом живого перерізу. Робочий розмір – це мінімальний проміжок між протилежними сторонами отвору. Коефіцієнт живого перерізу є відношенням площі отворів до всієї площі сита.

За конструкцією ситові робочі органі можуть бути плоскі (горизонтальні і похилі), циліндричні (горизонтальні і вертикальні) і призматичні.

Просіювання відбувається за різних видів коливального руху сит: зворотно-поступальному, колово-поступальному, обертальному або за їх різних комбінацій.

Процес просіювання складається із двох стадій, що одночасно протікають: самосортування і власне просіювання. При самосортуванні важкі та дрібні частинки переміщуються в нижні шари та досягають поверхні сита, а легкі та великі – у верхні. Процес самосортування підвищує ефективність просіювання.

Основна умова просіювання продукту через плоске сито – відносний рух продукту на поверхні сита.

На частинку продукту, що перебуває на поверхні рухомого горизонтального сита *(рисунок 4.32)* діє її вага $G=ma$, і власне сила реакції поверхні сита R, яка дорівнює G і спрямована в протилежний бік. Із рухом сита виникає сила інерції $P=ma$, спрямована уздовж поверхні сита у бік, протилежний напрямку руху, який прагне зрушити частинку з місця. Протидіюча сила тертя $F=fg$, що залежить від значення коефіцієнта тертя f, утримує частинку на місці.

В залежності від співвідношення сили інерції і сили тертя можливі такі випадки:

- P>F – відносний рух частинки на ситі;
- P<F – відносний спокій частинки;
- P=F – відбувається перехід частинки від одного до іншого стану.

Частота коливань сита, за якої починається переміщення частинок вихідного продукту на ситі, називають критичною. Зерновий продукт переміщається на ситі пошарово, з різними швидкостями. Найбільшу відносну швидкість при цьому мають

верхні шари продукту, а найменшу – нижні шари, що пов'язано зі збільшенням числа зв'язків частинок продукту, що перебувають у нижніх шарах зернової суміші, а також збільшенням сил опору відносного зсуву частинок продукту через збільшення сил тертя в нижніх шарах.

Для досягнення критичного числа коливань сита, розташованого в горизонтальній площині, необхідно забезпечити йому відносне прискорення, яке також називають критичним.

Зі збільшенням прискорення сита і досягненням першого критичного прискорення починається рух верхнього шару, шар відстає від розташованих нижче шарів. Із подальшим збільшенням прискорення сита у відносний рух вступають послідовно шари продукту, які лежать нижче. Відносний рух нижнього шару продукту, що перебуває безпосередньо на ситі, починається із досягненнем другого критичного прискорення.

Із досягненнем другого критичного прискорення сита спостерігаються максимальна інтенсивність пошарового руху продукту, яка забезпечує найбільш високу технологічну ефективність сортування. Подальше підвищення прискорення сита знижує інтенсивність пошарового переміщення продукту через ослаблення взаємозв'язку його частинок.

На частинку, яка перебуває на похилій поверхні нерухомого сита (рисунок 4.32б) діє сила тяжіння G і сила тертя P.

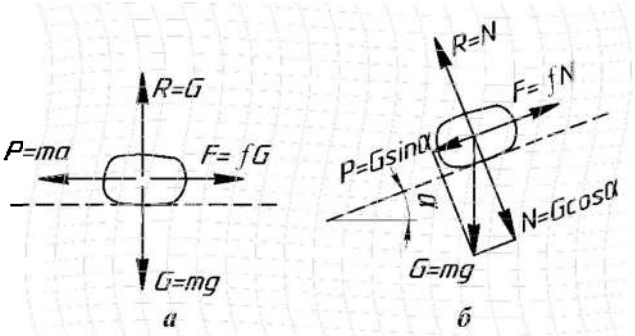


Рисунок 4.32. Схема дії сил на частинки на поверхні сита:
а – горизонтального рухомого, б – похилого нерухомого.

Нормальна складова N сили тяжіння притискає частинку до сита, а складова P діє в напрямку, паралельному поверхні сита, зрушує частинку ситом вниз.

Сили P і F можна представити через силу тяжіння G:

$$P = G\sin\alpha$$

$$F = fN = fG\cos\alpha$$

де α – кут нахилу сита, град;

f – коефіцієнт тертя;

N – нормальна складова сили тяжіння ($N = G\cos\alpha$).

Якщо сила тертя F дорівнює або більша сили P, то частинка залишається нерухомою. Рух частинки нерухомим ситом можливий у тому випадку, якщо воно встановлене похило до горизонталі під кутом α, який більше кута тертя φ частинки на ситі при $\alpha>\varphi$.

Практичного застосування нерухомі сита не одержали через їхню малу продуктивність.

Рухомі сита більш продуктивні, їх підвішують на пластинчастих пружинах під кутом 6–14 градусів до горизонталі. Переміщення зерна поверхнею сита проводиться в результаті зворотно-поступального або колово-поступального руху сита.

Ситовий сепаратор із плоскими ситами. Застосовується для відділення від зерна домішок, що відрізняються від нього шириною і товщиною. Також у сепараторі є пневмосепарувальний канал, у якому частинки розділяються за швидкістю витання.

Сепаратор (рисунок 4.33) складається із ситового корпусу, підвішеного на станині на гнучких підвісках, і вертикального пневмосепарувального каналу.

У ситовому корпусі 2 встановлене сортувальне сито 3 під кутом 7°, а під ним – підсівне сито 4 під кутом 8°.

На передній стінці ситового корпуса встановлений електродвигун 13, який за допомогою клинопасової передачі приводить до руху шків 12 з дисбалансним вантажем, що забезпечує колово-поступальний рух ситового корпуса.

У верхній частині станини встановлений приймальний патрубок 1 для подачі вихідного зерна і патрубок 6 для підключення до аспіраційної мережі. Очищене зерно виходить через випускний канал 11. Для виводу великих домішок служить лоток 9, для дрібних – лоток 12. З боку східної частини корпусу встановлений пневмосепарувальний канал з вібролотком 10, призначеним для подачі зерна в канал. Швидкість повітряного потоку в сепарувальному каналі регулюється рухомою стінкою 8.

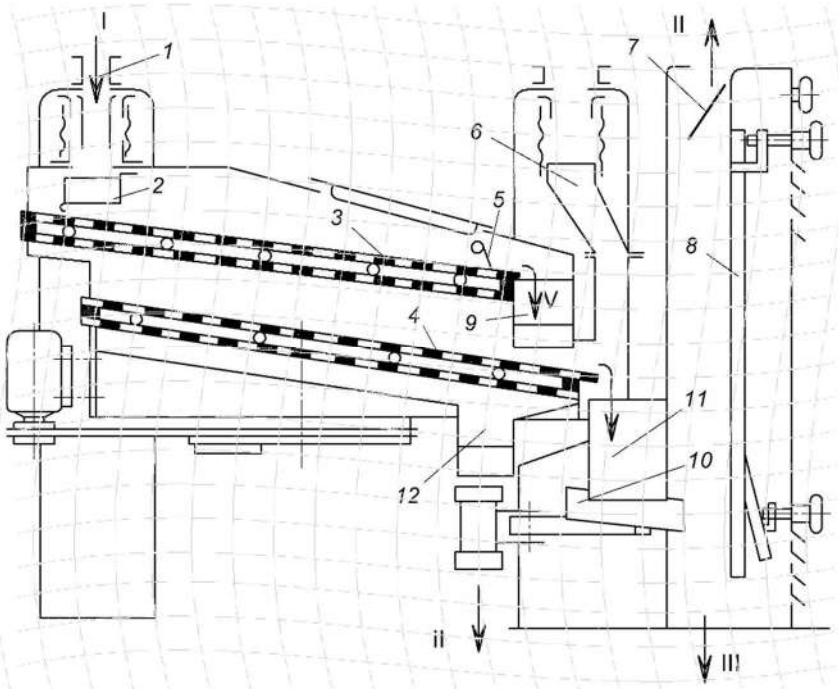


Рисунок 4. 33. Ситовий сепаратор із плоскими ситами А1-БІС:
1 – приймальний патрубок; 2 – розподільне днище;
3 – сортувальне сито; 4 – підсівне сито; 5 – фартух;
6 – аспіраційний патрубок; 7 – дросельний клапан; 8 – рухома стінка;
9 – лоток для великих домішок; 10 – вібролоток; 11 – живильна коробка;
12 – лоток для дрібних домішок;
I – неочищене зерно; II – легкі домішки; III – очищене зерно;
IV –дрібні домішки; V – великі домішки.

Принцип роботи сепаратора із плоским ситами такий. Неочищене зерно самопливом із приймального патрубка 1 надходить на сортувальне сито 2. Великі домішки сходом із сортувального сита виводяться лотком 9 із сепаратора, а суміш зерна із дрібними домішками проходом через сортувальне сито відправляється на підсівне сито 4. Дрібні домішки проходом через підсівне сито надходять у лоток 12 і видаляються із сепаратора. Очищене від великих і дрібних домішок зерно надходить на вібролоток 10 і далі в пневмосепарувальний канал. Під час проходження повітря через потік зерен легкі домішки виносяться повітрям через

пневмосепарувальний канал у циклон. Очищене зерно із каналу через випускний патрубок іде на подальшу переробку.

Обладнання для розділення продуктів подрібнення

На борошномельних підприємств для сортування проміжних продуктів розмелу зерна за розміром, сортування зерна круп'яних культур на фракції перед лущенням, сортування продуктів лущення, контролю борошна і крупи використовуються розсіви.

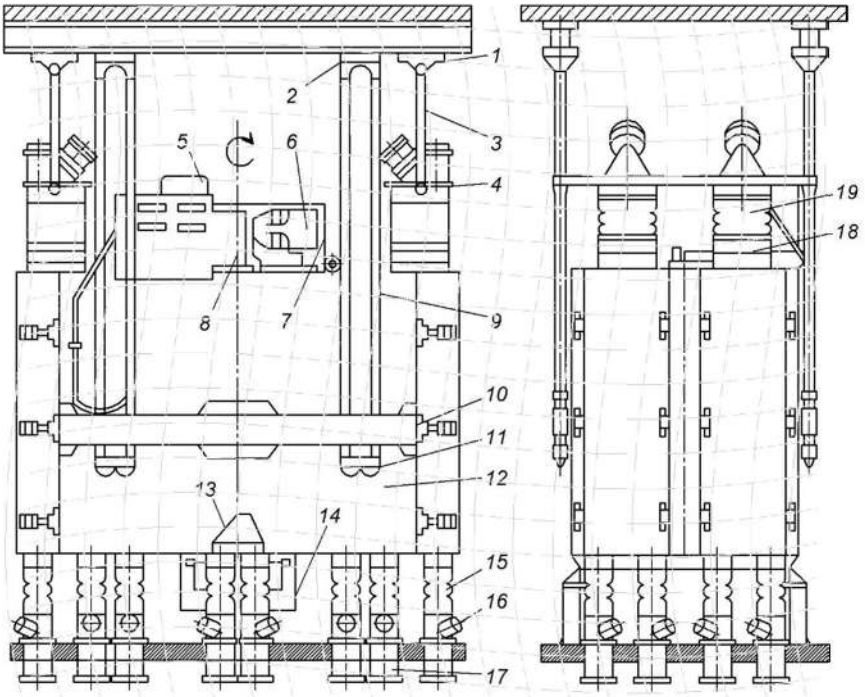


Рисунок 4.34. Розсів ЗРШ4-4М:
1 – тримач; 2 – кронштейн; 3 – штанга; 4 – приймальний пристрій; 5 – електродвигун; 6 – балансир; 7 – коливач; 8 – кронштейн; 9 – підвіска; 10 – балка; 11 – замок; 12 – корпус; 13 – рама; 14 – огородження; 15, 19 – тканинні рукави; 16, 17 – блок патрубків; 18 – патрубок

За конструкцією ситових корпусів розсіви поділяються на:

- Пакетні, у яких корпуси зібрані із ситових рам, покладених одна на одну і стягнутих у вертикальній площині стяжними болтами.
- Шафові, у яких ситові рами заходять напрямними у ситовий корпус, як ящики в шафі.

Корпус розсіву (рисунок 4.34) чотирьохприймальний виконаний у вигляді шафи і підвішений за допомогою кронштейнів 2 на чотирьох підвісках 9 зі сталевого троса до спеціальної рами стельового перекриття виробничого приміщення.

Над корпусом розсіву встановлено на штангах 3 приймальні пристрої 4. Штанги кріплять до стельової рами за допомогою тримачів 1.

Під корпусом на підлозі встановлений блок патрубків 16 і 17. Патрубки 18 приймального пристрою і підлогові патрубки з'єднуються з патрубками корпуса тканинними рукавами 19 і 15, які кріплять на патрубках гумовими кільцями.

Ситові корпуси приводяться до колово-поступального руху від електродвигуна 5, закріпленого на кронштейні 8, і дисбалансного коливача 7 з балансирами 6. Вони закриті огородженням 14.

Шафа розсіву складається з рами, до якої кріплять чотири секції. На напрямних у секціях установлений патрубок 18 ситових рам з піддонами. У гніздах рам розміщені очисники. На дні корпусу розміщені транспортувальні коробки і випускні трубки.

Сепаратори з обертальними ситами

Застосовуються для виділення великих домішок і контрольного просівання борошна перед подачею на виробництво. Робочим органом машини з обертальним ситами можуть бути барабан у вигляді шестигранної призми або піраміди з натягнутими на їхню поверхню ситами.

Скальператор має робочу ситову поверхню, виконану у вигляді обертального горизонтального циліндра із металотканниної сітки *(рисунок 4.36*). Призначений для попереднього очищення зерна від великих домішок, що потрапили в зерно під час збирання і зберігання.

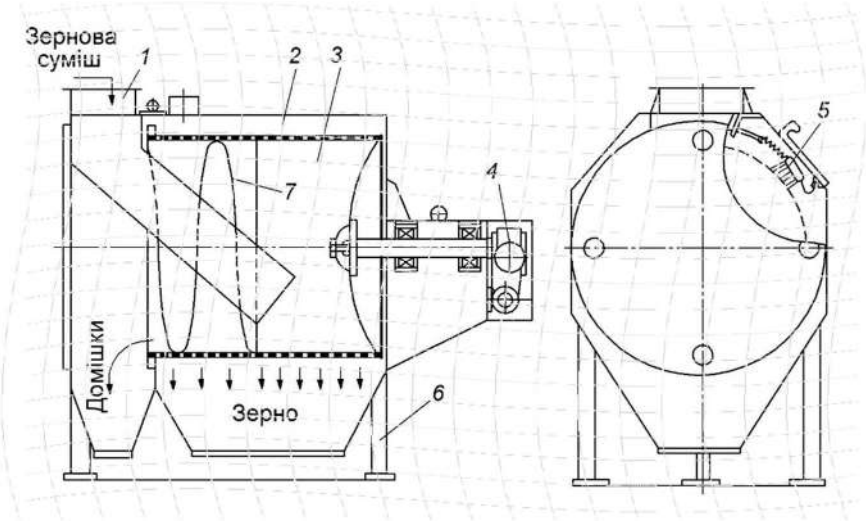


Рисунок 4.36. Скальператор А1-БЗО:
1 – приймальний патрубок; 2 – корпус; 3 – ситовий барабан;
4 – привод; 5 – щітка-очисник; 6 – стійка; 7 – гвинтоподібна лопать.

Корпус 2, виготовлений з листової сталі, має робочу камеру, де встановлений ситовий барабан 3, до корпусу приварені стійки з опорними пластинами для кріплення до перекриття. Із зовнішньої сторони корпусу на кронштейні встановлені підшипникові опори привідного валу і вузлів приводу 4. Привід складається із черв'ячного редуктора і електродвигуна, з'єднаних клинопасовою передачею.

Ситовий барабан з горизонтальною віссю обертання закріплений консольно на приводному валу і є основним робочим органом. Він складається зі сферичного днища, приймальної частини сита з отворами 25х25 мм і сходової – з отворами 10х10 мм. На внутрішній частині сходової частини барабану приварена гвинтоподібна лопата, що служить для прискорення виводу домішок зі скальператора.

Щітка-очисник 5 з еластичними прутками розташована зверху уздовж ситового барабану і закріплена у тримачі, що відкидається на шарнірах. Приймальний пристрій 1 складається з патрубка і похилого лотка коритоподібної форми.

Принцип роботи скальператора полягає в послідовному очищенні зерна від великих домішок. Вихідна зернова суміш через приймальний патрубок 1 рівномірно надходить лотком всередину

приймальної частини барабану 3. Проходячи через його отвори, зерно виводиться з машини. Домішки поступово переміщуються до відкритої частини ситового барабану і скидаються гвинтовою лопаттю у випускний патрубок для відходів.

Пірамідальний бурат (рисунок 4.37) використовується на хлібопекарських підприємствах для контрольного просіювання борошна перед замісом.

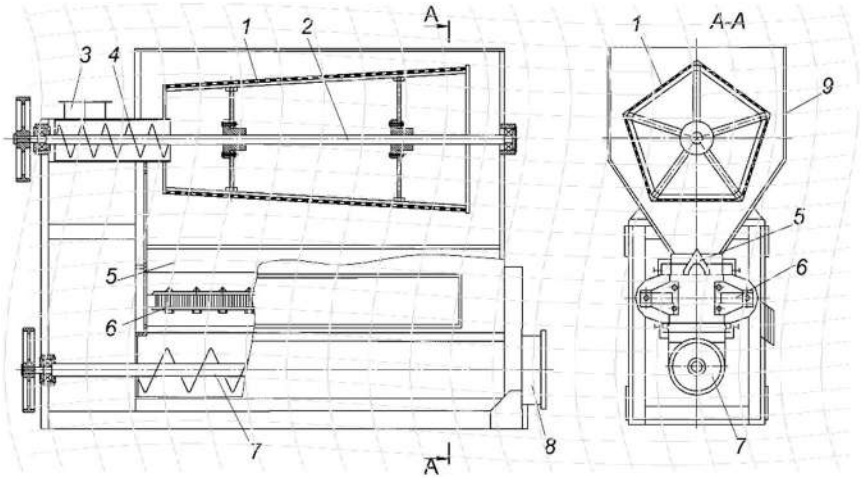


Рисунок 4.37. Пірамідальний бурат:
1 – ситовий барабан; 2 – вал; 3 – приймальний патрубок;
4 – шнек; 5 – похилі щітки; 6 – магнітний сепаратор;
7 – шнек; 8 – вихідний патрубок.

Основним робочим органом бурата є пірамідальний ситовий барабан 1, закріплений на горизонтальному валу 2. Борошно надходить через отвір 3 і переміщається шнеком 4 всередину барабану.

Просіяне борошно потрапляє на похилі щитки 5 і зсипається по них, проходить повз полюси магніту 6 і потрапляє в розподільчий шнек 7.

На магнітах затримуються дрібні металеві домішки, що потрапили в борошно в результаті зношування деталей обладнання в процесі роботи, а також випадкові металеві предмети.

Великі домішки виходять сходом з барабану через вихідний патрубок 8. Недолік буратів – у процесі роботи використовується лише 20% поверхні ситового барабану.

4.4.4. Трієри

Сепарування на трієрах. Очищення зерна від домішок, що відрізняються довжиною, здійснюється у трієрах. Вони використовуються для відділення від зерен коротких домішок таких як кукіль, польовий горошок, подрібнених зерен основної культури, і довгих – вівсюг, овес і ячмінь. Для очищення зерен від коротких і довгих домішок використовують комірчасті поверхні, що сепарують.

Форму і розміри комірок підбирають таким чином, щоб короткі компоненти суміші попадали в комірку, піднімалися уверх і через спеціальні лотки видалялися з машини. Довгі компоненти суміші не захоплюються комірками і залишаються у вихідній суміші.

Ефективність роботи трієра залежить від частоти обертання дисків, положення лотків, форми і розмірів комірок, коефіцієнта тертя сепарувальної суміші по робочій поверхні, концентрації та складу домішок.

Трієри за конструктивним виконанням бувають циліндричні та дискові.

Більш широке поширення на борошномельних заводах одержали дискові трієри – куколевідбірники і трієри вівсюговідбірники, які мають більш високу продуктивність, ніж циліндричні, але поступаються останнім ефективностю сепарування.

Циліндричний трієр (рисунок 38*а*) складається із закріпленого на валу сталевого циліндра 1 зі штампованими комірками на внутрішній поверхні 2, приймальної ринви 4 і шнека 3.

Під час обертання циліндра із зерном у комірки трієра потрапляють із суміші частинки, довжина яких менше діаметра комірки. Вони піднімаються уверх, де під дією сили тяжіння і інерції випадають із комірок у збірний лоток і виводяться з машини за допомогою шнека, розмішеного в лотку. Довгі домішки не втримуються в комірках і залишаються у вихідній суміші, й виводяться із машини окремо.

Змінюючи положення верхньої грані приймальної ринви можна регулювати ступінь розділення вихідної суміші.

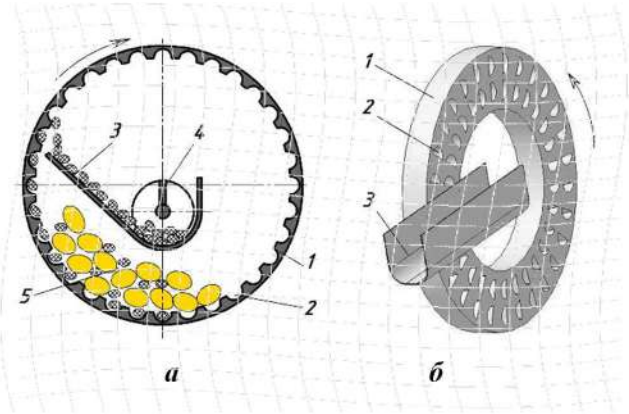


Рисунок 4.38. Принцип роботи трієра:
а – циліндричного, ***б*** – дискового.
а: 1 – барабан; 2 – комірки; 3 – приймальний лоток; 4 – шнек; 5 – вихідна суміш.
б: 1 – диск; 2 – комірки; 3 – приймальний лоток.

У *дисковому трієрі* (рисунок 4.38*б)* комірки 2 розташовані на бічній поверхні дисків 1. Диски закріплені на горизонтальному валу і обертаються у вертикальній площині. Нижня частина дисків занурена в зернову суміш. Швидкість обертання і положення приймальних лотків підібрані таким чином, що короткі компоненти суміші захоплюються комірками, форма і розміри яких відповідають параметрам частинок матеріалу, піднімаються у верх, за певного кута повороту випадають у похилі лотки 3 і виводяться з машини.

Ефективність роботи трієра залежить від частоти обертання дисків, положення лотків, від форми та розмірів комірок, коефіцієнта тертя зернової суміші по поверхні дисків, концентрації та складу домішок та інших факторів.

Із дотриманні умов експлуатації трієри повинні забезпечувати ефективність очищення не менше 80%.

Дисковий трієр для очищення зерна від коротких домішок (куколю, битих зерен, насіння бур'янистих рослин)

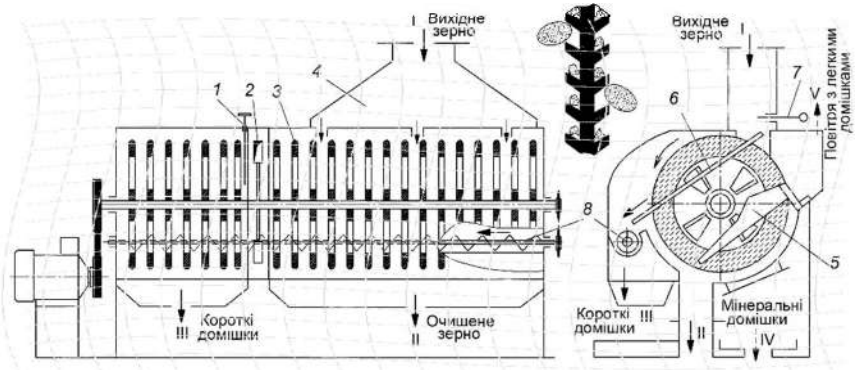


Рисунок 4.39. Дисковий трієр А9-УТК-6 для очищення зерна від коротких домішок:

1 – заслінка, 2 – ковшове колесо, 3 – диски, 4 – приймальний пристрій, 5,6 – лотки, 7 – шибер, 8 – гвинтовий конвеєр.

I – вихідна суміш, II – очищене зерно, III – короткі домішки, IV – мінеральні домішки, V – повітря з легкими домішками.

У корпусі трієра *(рисунок 4.39)* встановлений дисковий ротор, утворений дисками встановленими на горизонтальному валу. Трієр розділений на три відділення: робоче, накопичувальне, контрольне. У робочому відділенні встановлено 15 дисків, у накопичувальному – ковшове колесо, у контрольному – 7 дисків, які оснащені лопатками для транспортування зерна до накопичувального відділення. У нижній частині корпусу паралельно дисковому ротору змонтований шнек, для переміщення домішок, відібраних диском робочого відділення, у контрольне. Привід валу дискового ротора здійснюється від електродвигуна через клинопасову передачу. Привід валу шнека – від центрального валу через ланцюгову передачу.

Технологічний процес здійснюється в такий спосіб. Вихідне зерно I надходить через приймальний пристрій 4 і за допомогою лоткового розподільного пристрою трьома рівними потоками направляється в робоче відділення між дисками. Під час обертання дисків 3 довгі зерна пшениці нестійко заповнюють комірки і при невеликому куті повороту дисків випадають із комірок у лотки 5. Через випускний патрубок зерно II виводиться з машини.

Короткі домішки стійко розміщаються в гніздах і з поворотом дисків під дією сил тяжіння і інерції випадають із комірок у лотки 6,

якими надходять у гвинтовий конвеєр *8*. Останній транспортує дрібні домішки та зерна пшениці, що потрапили сюди, в контрольне відділення. Тут дрібні домішки дисками піднімаються нагору і за допомогою лотків контрольного відділення направляються у випускний патрубок і виводяться з машини.

Зерна пшениці накопичуються в контрольному відділенні, перегонами дисків транспортуються до стінки перевантажувального пристрою, і через вікно, перекрите регулювальною заслінкою 1, надходять у зону дії ковшового колеса 2, піднімаються, і по похилому лотку повертаються у робоче відділення трієра. Рівень зерна у контрольному відділенні регулюється заслінкою 1.

Трієр може мати високу продуктивність – до 6 т/год.

Дисковий трієр для очищення зерна від довгих домішок (більш довших, ніж зерна основної культури - овес, вівсюг тощо). У корпусі трієра *(рисунок 4.40*) змонтований дисковий ротор із шістнадцятьма кільцеподібними комірчастими дисками. Трієр розділений на три послідовно працюючі відділення: робоче, накопичувальне (перевантажувальне) і контрольне.

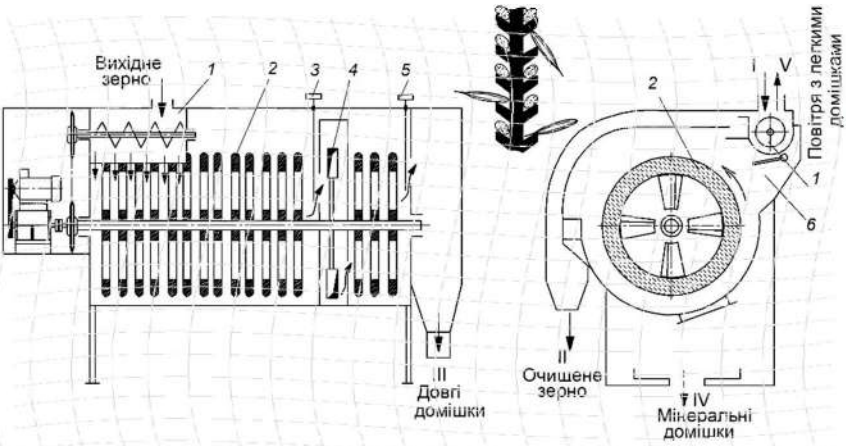


Рисунок 4.40. Дисковий трієр А9-УТО-6 для очищення зерна від довгих домішок:

1 – гвинтовий конвеєр, 2 – диск, 3,5,6 – заслінки, 4 – ковшове колесо.
I – вихідне зерно, II – очищене зерно, III – довгі домішки,
IV – мінеральні домішки, V – повітря з легкими домішками.

У робочому відділенні встановлено тринадцять дисків, у контрольному відділенні – три диски. У накопичувальному відділенні встановлене ковшове колесо, що обертається на тому ж валу, що і диски.

У верхній частині корпусу розташований приймально-розподільчий пристрій із заслінкою для регулювання подачі зерна.

Привод валу з дисками здійснюється від електродвигуна через клинопасову передачу і редуктор, розподільного шнека – через ланцюгову передачу від валу дискового ротора.

Технологічний процес в вівсюговідбірному трієрі відбувається так. Вихідне зерно I надходить у приймально-розподільчий пристрій, де гвинтовим конвеєром 1 рівномірно розподіляється за довжиною ринви. За допомогою заслінки 6 зерно надходить у зону перших семи дисків робочого відділення. Диски 2, обертаючись, захоплюють зерна пшениці, які стійко розміщаються в комірках. Під дією сили тяжіння і відцентрових сил очищене зерно II відкидається до випускних патрубків і виводиться з машини. Довгі домішки зерна (вівсюг, овес, ячмінь) не потрапляють у комірки дисків і залишаються в зерновій суміші. Перегонами, розташованими на спицях диска, зернова суміш транспортується уздовж робочого відділення.

У міру просування зернової суміші вміст у ній довгих домішок підвищується, а навантаження на диски поступово знижується. У контрольному відділенні відбувається остаточне виділення зерен пшениці. Передача зернової суміші з високим вмістом домішок у контрольне відділення відбувається за допомогою ковшового колеса 4. Зернова суміш надходить у перевантажувальне відділення через вікно із заслінкою 3. Зерно, підняте ковшами, висипається в коліноподібний лоток і потрапляє в контрольне відділення машини. Кількість зернової суміші, що надходить у контрольне відділення, регулюється заслінкою 3. Дисками контрольного відділення видаляються зерна пшениці, які виводяться з машини, а домішки перегонами транспортуються до задньої торцевої стінки трієра і через вікно із заслінкою 5 виводяться в патрубок. Рівень зернової суміші у контрольному відділенні і кількість відходів регулюється заслінкою 5.

4.4.5. Фрикційні сепаратори

Ця група обладнання призначена для розділення зернової суміші, компоненти якої відрізняються фізико-механічними властивостями, такими як коефіцієнт тертя, густина, форма.

Ці сепаратори використовують у двох напрямках:

– Для відділення очищених ядер зернових культур після механічного впливу від плодових і квіткових оболонок, сортування очищених і неочищених зерен. Таке відділення можливо здійснити на паді-машинах.
– Для відділення від зерен важких мінеральних домішок: дрібних каменів, крупного піску, шматків руди, а також легких органічних домішок від зернової маси, і інших важковіддільних домішок.

Такі домішки мають розміри та аеродинамічні властивості, близькі до властивостей і розмірів зерна, і тому не можуть бути розділені традиційним способом.

Для їхнього відділення використовують машини які можна розділити на вібраційні і вібропневматичні.

У вібраційних машинах для відділення домішок використовуються інерційні сили, що виникають у сипкому середовищі під час коливання сортувальної поверхні.

Поділ суміші відбувається внаслідок відмінності властивостей її компонентів за станом, поверхнею, густиною, формою. Це машини зі зворотно-поступальним або круговим поступальним рухом.

До вібропневматичних машин відносяться такі в яких використовується висхідний потік у комбінації з коливаннями сортувальної поверхні. Це машини зі зворотно-поступальним рухом у горизонтальній площині.

Паді-машини. Ці машини є вібраційними і встановлюються на крупозаводах для відділення лущених зерен від нелущених.

Паді-машина *(рисунок 4.41)* складається із сортувального корпусу, в якому розміщені три яруси сортувальних столів, виконаних із листової сталі. До них гвинтами прикріплені зиґзаґоподібні перегородки, які утворюють десять сортувальних каналів, розміщених перпендикулярно до поздовжньої осі корпусу.

Корпус установлений з нахилом і шарнірно прикріплений до металевої рами.

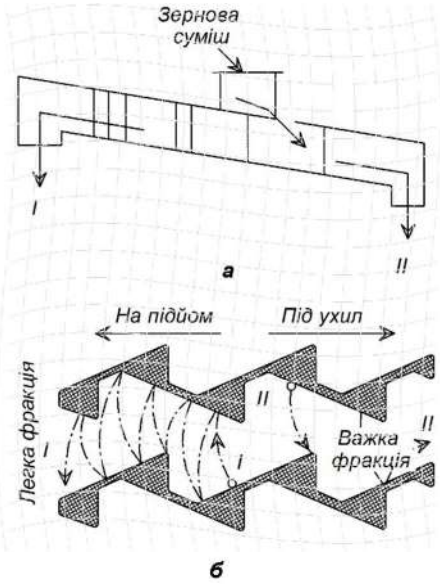


Рисунок 4.41.
а – паді-машина;
б – принцип дії паді-машини;

I – Фракція з меншою густиною і коефіцієнтом тертя та більшою пружністю;
II - Фракція з більшою густиною і коефіцієнтом тертя та меншою пружністю.

Суміш живильником рівномірно подається на всі три сортувальні столи. При цьому частинки суміші послідовно ударяються у праву і ліву стінки каналів. Нелущене зерно, яке має меншу густину, менший коефіцієнт тертя і більшу пружність, з більшою силою відбивається від перегородок і входить у контакт із вище розташованими виступами каналу. У результаті зерно піднімається каналом і виводиться у верхні частини сортувального стола. Очищені від оболонки ядра мають гірші показники властивостей, переміщуються каналами вниз і виводяться у нижній частині сортувального стола.

Ефективність сепарування зернової суміші залежить від таких факторів:

- Склад і фізичні властивості компонентів суміші (густина, коефіцієнт тертя, форма і маса частинок, пружні властивості);
- Товщина шару продукту в каналі;
- Кут нахилу сортувального корпусу;
- Амплітуда і частота коливань.

Каменевідділювальна машина. Призначена для відділення мінеральних домішок від зерна вібропневматичним способом.

Вібропневматичний спосіб розділення зернової суміші полягає у комбінації процесу розпушення зернового шару до стану псевдозрідження, самосортування частинок за густиною і переміщення їх у протилежних напрямках *(рисунок 4.42)*.

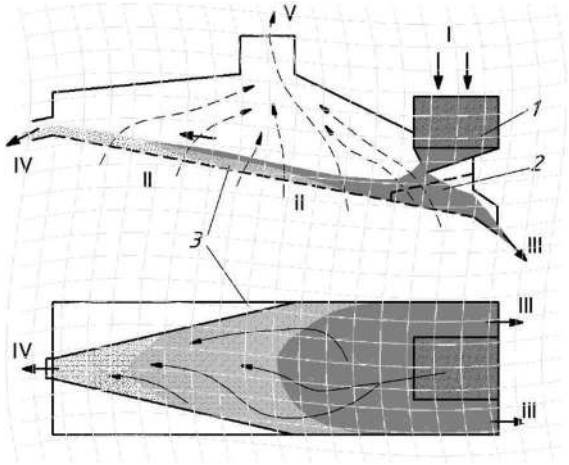


Рисунок 4.42. Вібропневматичний спосіб розділення зернової суміші:
1 – приймальний пристрій;
2 – розподільник;
3 – дека
I – вихідне зерно;
II – повітряний потік;
III – очищене зерно;
IV –мінеральні домішки;
V – повітря з легкими домішками

Основними ознаками, за якими можливо виділити мінеральні домішки із зерна, є:

- Густина, яка в мінеральних домішок у двоє вище ніж в зерна;
- Коефіцієнт тертя.

Розглянемо конструкцію і принцип роботи **вібропневмосепаратора** (рисунок 4.43) для відділення мінеральних домішок на похилій сортувальній поверхні в умовах висхідного повітряного потоку.

При спільному впливі вібрації сортувальної поверхні та потоку повітря відбувається розпушення шару зерна, при цьому знижується коефіцієнт внутрішнього тертя і зернова суміш переходить у стан псевдорозрідження. Створюються умови для ефективного самосортування різнорідних компонентів: важкі частинки опускаються в нижні шари, а частинки з меншою густиною рухаються у верхні шари. Різнорідні компоненти в умовах вібрації переміщуються в протилежних напрямках.

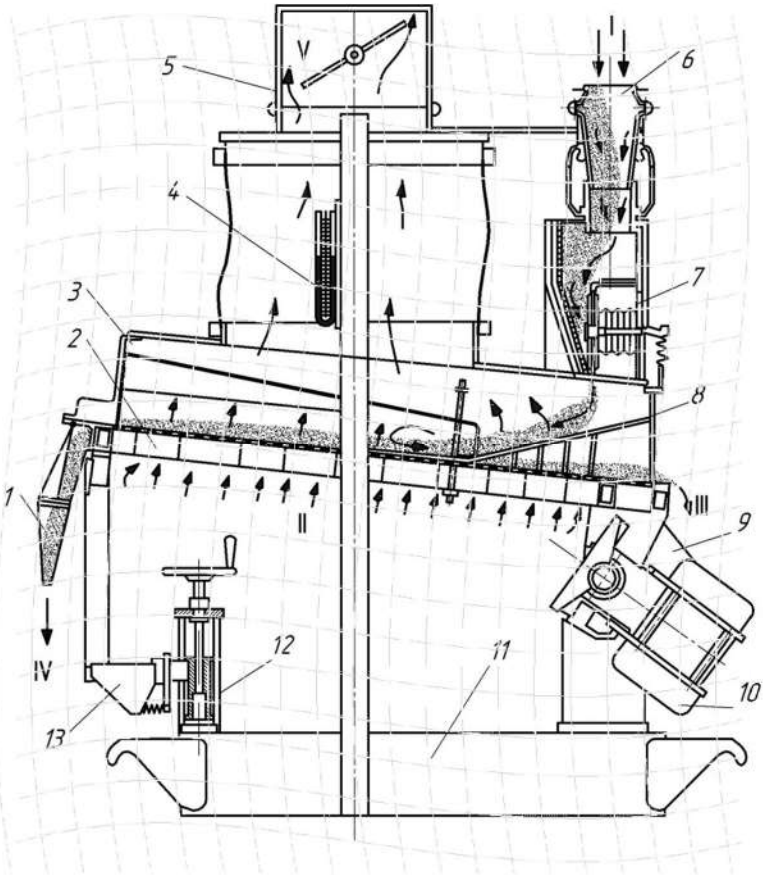


Рисунок 4.43. Вібропневмосепаратор (каменевідділювальна машина РЗ-БКТ):

1 – патрубок відведення мінеральних домішок; 2 – дека; 3 – вібростіл; 4 – манометр; 5 – дифузор із заслінкою для регулювання витрат повітря; 6 – приймальний пристрій; 7 – регулятор подачі зерна; 8 – розподільник зерна на поверхні деки; 9 – вихід очищеного зерна; 10 – вібратор; 11 – станина; 12 – гвинтовий регулятор нахилу вібросита; 13 – шарнірна стійка.

I – вихідне зерно; II – повітряний потік; III – очищене зерно; IV – мінеральні домішки, V – легкі домішки з повітрям

Важкі мінеральні частинки, що мають більше зчеплення із сортувальною поверхнею, переміщуються уверх деки і виводиться через верхню звужену частину.

Псевдорозріджений шар зерна «тече», як рідина і відводиться із нижньої частині деки.

За відсутності повітряного потоку всі компоненти суміші рухаються нагору сортувальною поверхнею.

Робочий процес вібропневмосепаратора складається з наступних стадій. Вихідне зерно I із приймального пристрою 1 потрапляє на сітчасту поверхню розподільника 2, і двома рівними потоками надходить на деку 3, що продувається повітрям V.

На деці відбувається розділення зерен і мінеральних домішок, у результаті чого мінеральні домішки III переміщуються у верхню частину деки і виводяться з машини, а очищене зерно II «тече» похилою поверхнею вниз і виводиться із протилежної сторони. Легкі домішки уловлюються повітрям, виносяться через витяжний пристрій і відділяються у фільтрі.

На ефективність і продуктивність каменевіддільних машин вібропневматичної дії впливають:

- Частота, амплітуда і напрямок коливань;
- Швидкість повітряного потоку;
- Кут її поверхні і коефіцієнт тертя зерна і мінеральних домішок;
- Навантаження і вологість зерна.

4.4.6. Магнітні сепаратори

Використання магнітних сепараторів. У сировині, що надходить на переробку, можуть бути металомагнітні домішки, які потрапляють під час її збирання, транспортування і переміщення у сховища.

Металомагнітні домішки обов'язково видаляють із сировини, тому що потрапляючи у готову продукцію, ці домішки можуть негативно вплинути на здоров'я людини. Великі металомагнітні домішки, потрапляючи можуть зруйнувати робочі органи машини або утворювати іскри, здатні викликати вибух і пожежу.

Для виділення домішок на основі відмінності металомагнітних властивостей застосовуються *магнітні сепаратори,* в основному зі статичними магнітами різних конструкцій.

Основою робочого процесу магнітних сепараторів є відмінність у магнітних властивостях сировини та домішок.

Магнітні сепаратори виділяють із сипучої маси лише домішки, що володіють феромагнітними властивостями, головним чином сталеві та чавунні.

Магнітні сепаратори встановлюють під час подачі сировини на виробництво (зерна, коренеплодів), а також у процесі її перероблення перед обладнанням з обертальними робочими органами (вальцьовими верстатами, трієрами, машинами мокрого лущення та іншими), а також на контролі готової продукції (борошна, цукру) для уникнення ушкоджень робочих органів машин і потрапляння металевих домішок у готову продукцію.

Магнітні сепаратори, що застосовуються на харчових підприємствах, різноманітні за конструкцією і діляться на дві основні групи: з постійними (статичними) магнітами та електромагнітами.

Щоб металеві частинки не відривалися від магнітів і знову не потрапляли у сировину, продукт повинен рухатися зі швидкістю не більшою за 0,5 м/с, шаром не більшим за 10 мм.

На борошномельних підприємствах і хлібозаводах використовують сепаратори з постійними магнітами контактного типу, тобто, очищають продукт, що безпосередньо дотикається до магнітного екрану.

У харчовій промисловості використовуються сепаратори з постійними магнітами, дія яких обумовлена залишковою намагніченістю. Основною перевагою сепаратора з постійним джерелом є простота конструкції. Однак вони мають недолік: їхня магнітна сила не велика і слабшає із часом. Поверхня магнітів очищається один раз за зміну.

Магнітний сепаратор для відділення металевих домішок із зерна і проміжних продуктів помелу зерна.

Він складається із таких вузлів *(рисунок 4.44)*: корпусу 1, магнітотримача 3, і блоку магнітів 4.

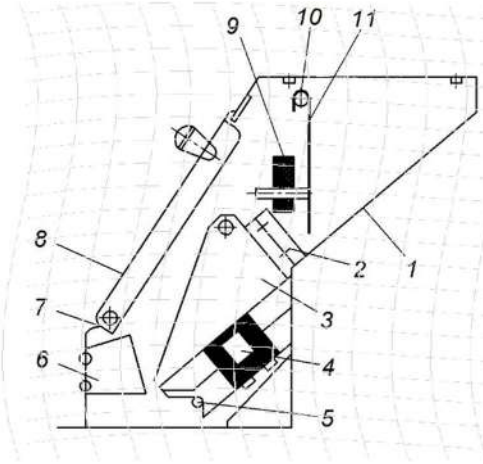


Рисунок 4.44. Магнітний сепаратор У1-БМП для відділення металевих домішок із зерна:
1 – корпус;
2 – обмежувач;
3 – магнітотримач;
4 – блок магнітів;
5, 6 – накладки;
7 – прокладка;
8 – кришка;
9 – вантаж;
10 – осі;
11 – заслінка.

Корпус сепаратора є звареним коробом з отворами для приймання і випуску продуктів. У передній стінці корпусу розташований люк, що закривається кришкою 8, із прокладкою 7 для герметизації від пилу. У корпусі змонтовані напрямні накладки 6, обмежувачі 2 і заслінка 11, що вільно висить на осі 10 для направлення потоку продукту на площину блоку магнітів 4. Залежно від кількості продукту, положення заслінки регулюють вантажем 9.

Блок магнітів установлено на осі 5. Магнітотримач являє собою зварений контейнер із вставленими в нього блоками магнітів. Для зручності очищення магнітів увесь магнітотримач можна вийняти через люк корпусу за вісь 5, а потім знову встановити на напрямних накладках. Магнітний блок являє собою шість плоских магнітів, зібраних у комплект і вставлених у корпус.

Магнітний сепаратор для виділення металомагнітних домішок з борошна і складається з наступних основних вузлів *(рисунок 4.45)*: корпусу 1, циліндричної магнітної колонки 11, приймального патрубка 3 і випускного конуса 6.

Корпус 8 є звареним порожнім вертикальним циліндром. У його верхній частині розташований приймальний патрубок 3 для з'єднання сепаратора із самопливною трубою. Усередині корпусу приварені козирки 10, що направляють потік продукту на блок магнітів.

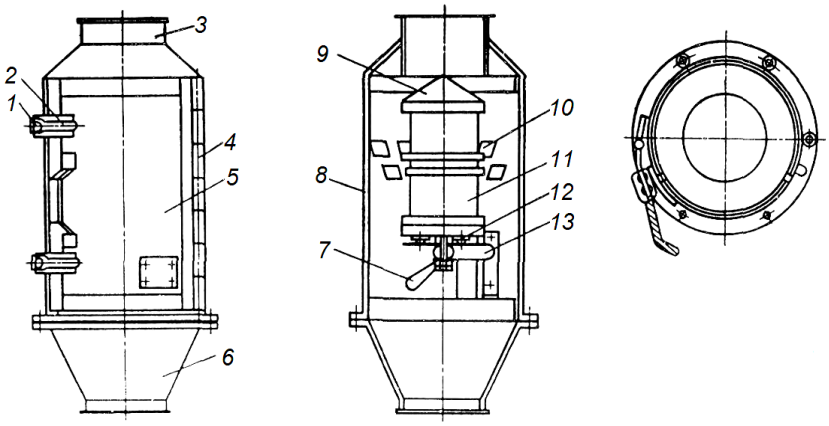


Рисунок 4.45. Магнітний сепаратор У1-БММ для виділення металомагнітних домішок з борошна:
1 – захват; 2 – замок; 3 – приймальний патрубок; 4 – петля; 5 – двері; 6 – випускний патрубок; 7 – ручка; 8 – корпус; 9 – конус; 10 – козирок; 11 – блок магнітів; 12 – кулькова опора; 13 – підставка.

Магнітна колонка 11 – основний робочий орган сепаратора. Вона виконана у вигляді двох блоків з кільцевих постійних магнітів, розділених між собою диском із діамагнітного матеріалу і закритих обичайкою. Для рівномірного розподілу борошна встановлений конус 9.

Для зручності очищення магнітів встановлені кулькові опори 12, на яких всю колонку можна повертати.

Борошно по конусу надходить у кільцевий канал сепаратора, де за допомогою козирків 10 направляється на магнітні блоки 11. Металомагнітні домішки притягуються до магнітів, і очищене борошно виводиться через випускний конус 6. Для нормальної роботи сепаратора і обліку виділених металевих домішок поверхню магнітних блоків очищають один раз за зміну. Допустимий вміст металомагнітних домішок в очищеному продукті – не більш 3 мг/кг.

Електромагнітний сепаратор із обертовою циліндричною робочою поверхнею *(рисунок 4.46*) призначений для сепарування зерна.

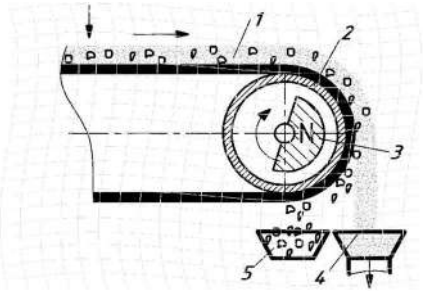


Рисунок 4.46. Електромагнітний сепаратор із обертовою циліндричною робочою поверхнею:
1 – сипуча суміш;
2 – барабан;
3 – електромагніт:
4 – приймач зерна;
5 – лоток для металевих домішок.

Основним робочим органом сепаратора є горизонтально розташований барабан 2 із зовнішнім циліндричним кожухом 3, виготовлений з немагнітного матеріалу (алюміній, латунь, пластмаса), який приводиться в обертання електроприводом.

У правій частині барабану розташований електромагніт 4.

Принцип роботи електромагнітного сепаратора: матеріал надходить із живильного бункеру 1 рівномірно на обертальний кожух. Відцентрова сила відкидає матеріал і він виходить у збірник 5, а феромагнітні домішки утримуються магнітним полем на поверхні кожуха.

При обертанні кожуха утримувані металеві домішки виходять із поля дії магнітів і потрапляють у приймач 6.

Перевагою електромагнітного сепаратора з рухомою робочою поверхнею є те, що видалення феромагнітних домішок здійснюється безперервно.

Електромагнітні сепаратори мають значно більшу магнітну силу і тому більш надійні в роботі.

4.5. Обладнання для виділення рідкої фракції пресуванням

Пресування – один зі способів розділення продуктів, а саме, виділення рідкої фракції із вологомістких матеріалів. Під час пресування оброблюваний матеріал піддається зовнішньому тиску за допомогою спеціальних механічних пристроїв – пресів.

Цей процес називається відтисканням і використовується як для виділення рідини як більш коштовного компонента (виноградний сік, рослинна олія), так і для зневоднення матеріалу з метою підвищення його цінності (відділення сироватки від сиру).

Харчові маси, що піддаються пресуванню мають як правило складну клітинну структуру, що значно збільшує опір процесу виділення рідини. Щоб зменшити його, продукти перед відтисканням піддають механічному, тепловому, еклектичному або біологічному обробленню, метою якого є руйнування клітинних оболонок, що перешкоджають виходу рідини із клітин.

Основні фактори, що впливають на процес пресування:

- Тиск;
- Властивості і склад матеріалу, особливо його міцність та пористість;
- Тривалість процесу пресування;
- Товщина шару матеріалу;
- Термічні умови проведення процесу.

У харчовій промисловості для відділення рідкої фракції із вологомісткої харчової сировини застосовуються: гвинтові, шнекові, вальцьові та гідравлічні преси.

Гвинтовий прес є найпростішим механічним пресом періодичної дії. Гвинтовий прес для відділення соку від винограду *(рисунок 4.47)* складається з основи 6, у якій закріплений гвинт 2 з гайкою 4, кошика 1, у який насипають виноград, і пресувального механізму 3.

На поверхні платформи є канавка або бортик, який служить для збору відпресованого соку.

У кошику якому виноград зазнає пресування. Він виготовлений з вузьких дубових планок, які кріпляться до сталевих обручів так, що між ними залишаються зазори 1–1,5 см. Кошик також може виготовлятися зі сталевого перфорованого листа з отворами діаметром 3–6 мм.

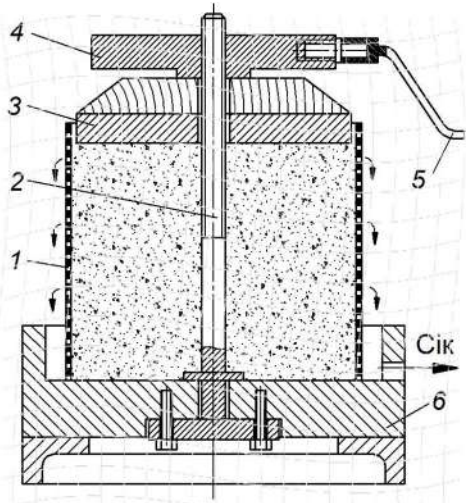


Рисунок 4.47. Гвинтовий прес:
1 – кошик; 2 – гвинт;
3 – пресувальний механізм; 4 – гайка;
5 – рукоятка; 6 – основа.

Гвинт виготовляють із м'якої сталі із прямокутною, або краще, трапецієвидною різьбою.

Пресувальний механізм, або головка преса створює тиск у пресі під час обертання гайки.

У кошик завантажують мезгу і зверху накривають її дерев'яною кришкою. Гайку обертають до торкання із кришкою. Потім періодично роблять кілька обертів після припинення виділення соку. Тиск на мезгу потрібно збільшувати поступово, щоб пресування йшло повільно і соку виділялося більше.

Шнекові преси широко використовуються для одержання рослинної олії, томатного, яблучного і інших видів соків завдяки простоті конструкції і безперервному принципу дії.

Преси безперервної дії мають значну перевагу в порівнянні з періодичними. За однакової продуктивності вони займають менше місця, простіші по конструкції та не вимагають застосування фізичної праці для обслуговування, не витрачається час на допоміжні операції.

Шнековий прес (рисунок 4.48) складається із перфорованого корпусу 2 конічної форми, шнека 3, приймальної воронки 1, регулювальної шайби 4, піддона.

Сировина подається в приймальну воронку, захоплюється шнеком і переміщується вздовж перфорованої поверхні конічного корпусу. Відбувається стиск маси за рахунок звуження перетину робочого каналу і зменшення кроку витків шнека. При стисканні маси рідина випливає через отвори у корпусі і збирається у піддоні, звідки надходить на подальше перероблення.

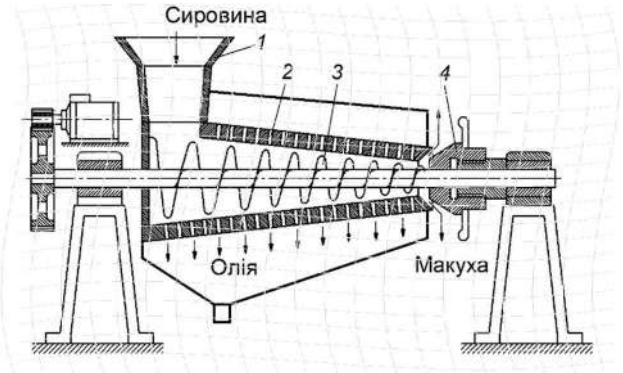


Рисунок 4.48. Шнековий прес:
1 – приймальна воронка; 2 – корпус; 3 – шнек; 4 – шайба.

Віджатий сухий залишок (макуха) віддаляється через кільцевий отвір у кінці корпусу. Частота обертання барабану – 5–20 обертів за хвилину. Тиск усередині циліндра досягає $4 \cdot 10^6$ Па, і регулюється зміною перетину кільцевого отвору за допомогою регулювальної шайби.

Продуктивність шнекового преса за вхідною масою,

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \frac{Sn}{60} \rho\phi \text{, кг/сек}$$

де D – діаметр барабану в місці надходження маси, *м*; S – крок гвинта у цьому місці, *м*; n – частота обертання валу, *об/хв*; ρ – густина вхідноїмезги, *кг/м*^{3}; φ – коефіцієнт наповнення.

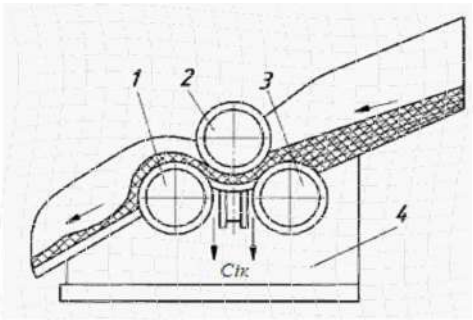


Рисунок 4.49. Вальцьовий прес:
1, 2, 3 – вальці; 4 – збірник

Вальцьові преси є ще одним типом механічних віджимних пресів. Застосовуються у цукровій промисловості для віджимання соку із цукрової тростини.

На рисунку 4.49 представлений вальцьовий прес, принцип роботи якого полягає в тому, що

сировина під час проходження через зазори спочатку між першим і другим вальцем, а потім – між другим і третім обертальними вальцями, пресується. Рідина стікає в збірник під пресом, звідки подається на подальше перероблення.

Гідравлічні преси одержали широке поширення в харчовій, особливо в кондитерській і олієжировій промисловості для какао-масла і рослинної олії.

У промисловості застосовують вертикальні гідравлічні преси з рухом плунжера знизу нагору і горизонтальні автоматичні преси.

Принципова схема установки з вертикальним гідравлічним пресом представлена на *рисунку 4.50.*

Прес має чотири сталеві колони 3, зв'язані у верхній частині траверсою 1. У нижній частині преса є гідравлічний циліндр 15, у якому перебуває плунжер 14, що піднімається під тиском робочої рідини.

На плунжер опирається нижня плита 11 з пуансонами 9. На пуансонах є вертикальні канали 18, а в плиті – кільцевий канал 17 для збору олії.

На плитах встановлені спіральні пружини 4, на які опирається нижня чаша 11, закріплена на віджимних тягах 8.

На чашу опирається друга плита 6 з пуансоном 5 (таких плит і чаш на пресах кондитерської промисловості шість).

На поверхні пуансона, нижній стороні плити і траверси закріплені фільтрувальні елементи 19.

Фільтрувальні елементи складаються із дрібної сталевої сітки, сітки із пробивними отворами і двох рифлених дисків з отворами діаметром 11 мм.

Усі пуансони з фільтрувальними елементами входять усередину чаш і є їхніми днищами. Таким чином, порожнини чаш закриті з усіх боків.

Тяги 10 закріплені нижніми кінцями у віджимній плиті 12, а верхні сковзають у напрямних отворах.

Пружинами плити пуансона і чаші утримуються у верхньому положенні.

Нижня плита зв'язана зі штоками керувальних поршнів. Під час руху поршнів униз тяги опускають чаші, поки їх нижній край не дійде до верхньої поверхні пуансонів.

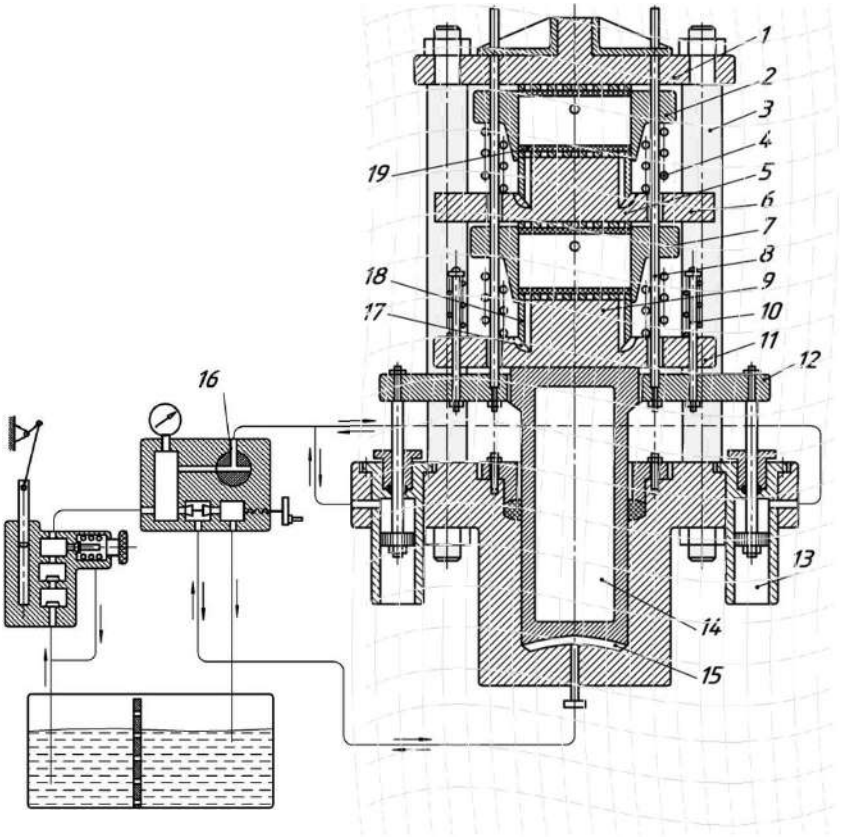


Рисунок 4.50. Гідравлічний прес:
1 – траверса; 2 – верхня чаша; 3 – колона; 4 – пружина;
5 – верхній пуансон; 6 – верхня плита; 7 – нижня чаша; 8 – тяга;
9 – нижній пуансон; 10 – тяга; 11 – нижня плита; 12 – віджимна плита;
13 – керувальний поршень; 14 – плунжер; 15 – гідроциліндр;
16 – триходовий кран; 17 – кільцевий клапан; 18 – вертикальні канавки;
19 – фільтрувальний елемент.

Прес працює так. За допомогою насоса у чаші завантажується терте какао. Після заповнення чаш включають насос і подають робочу рідину (масло) у циліндр преса і пуансон піднімають нагору.

Пуансон нижньої плити здавлює масу в першій чаші та через неї передає тиск на верхні пуансони.

Віджата олія накопичується в кільцевих канавках плит і стікає у збірник.

Із досягненням максимального тиску (46 МПа) подача масла припиняється і масло із циліндра стікає в бак.

Для виштовхування макухи повертають триходовий кран 16 і подають масло в циліндри керування 13. Поршні опускають чаші і макуха виштовхується пуансонами нагору.

Пресування ведуть за температури тертого какао 80-90 °С.

4.6. Обладнання для розділення неоднорідних дисперсних систем

Неоднорідними дисперсними називають системи, що складаються із декількох фаз, які не розчиняються одна у одній. Фаза у вигляді дрібних частинок називається дисперсною, або внутрішньою. Фаза, яка оточує частинки називається дисперсійною, або зовнішньою.

4.6.1. Типи неоднорідних систем.

Рідкі дисперсні системи.

Суспензія – система із твердою дисперсною фазою і рідким дисперсійним (зовнішнім) середовищем. Приклади – цукровий утфель, крохмальне молоко.

Емульсія – система із рідкою дисперсною фазою і рідким дисперсійним (зовнішнім) середовищем. Приклади – молоко (дисперсна фаза – рідкі частинки жиру), кондитерські маси.

Піна – система з газової дисперсної фази і рідкого дисперсійного (зовнішнього) середовища. Приклади – кондитерські креми; піни, що виникають під час перемішування.

Газові дисперсійні системи. Аерозолі.

Пил, дим – тверда дисперсна фаза і газове дисперсійне середовище. Приклад – повітря у виробничому приміщенні, суміш повітря і продукту в ємкостях для борошна, сухого молока, крохмалю.

Туман – рідка дисперсна фаза і газове дисперсійне середовище. Приклад – розпилене молоко на стадії висушування в розпилювальному сушильному апараті.

Можуть бути і *трифазні дисперсні неоднорідні системи*. Наприклад, при бродінні в продукті (суслі) перебувають дріжджові клітини, вода і пухирці вуглекислого газу.

У багатьох технологічних процесах *дисперсні системи необхідно розділити* – наприклад, молоко розділяють на вершки та знежирене молоко; запилене повітря – на чисте повітря і частинки пилу; відділення клітин дріжджів від культурального середовища; відділення твердих частинок від вина, соків та інших продуктів; відділення твердих частинок і піни від сатураційного соку під час виробництва цукру.

Для розділення неоднорідних систем використовують такі способи:

- Осадження (гравітаційне (відстоювання) і відцентрове);
- Фільтрування.

4.6.2. Обладнання для розділення неоднорідних систем у гравітаційному полі

Процес гравітаційного розділення неоднорідних систем проводять в апаратах, які називаються *відстійниками.*

Відстійник періодичної дії.

Звичайно це циліндрична ємкість. Ємкості малих розмірів виготовляють із металевих листів; більші ємкості (об'ємом більше за 50 м^3) іноді виготовляють бетонними.

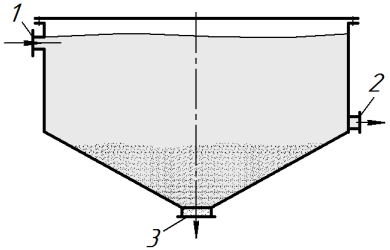


Рисунок 4.51. Відстійник періодичної дії.
Патрубки:
1 – подачі суспензії;
2 – відведення очищеної рідини;
3 – відведення осаду

Відстійник *(рисунок 4.51)* заповнюють неоднорідною системою (суспензією, емульсією) через патрубок 1. У процесі осадження частинок суміш нерухома. Після осідання частинок очищений шар рідини зливають через патрубок 2. Після цього відкривають патрубок 3 і зливають концентрований продукт – осад.

Іноді частинки дисперсної фази мають меншу густину порівняно з дисперсійним середовищем, і спливуть нагору. У такому випадку спочатку відводять зверху концентрований продукт, а потім, знизу, зливають очищений. Наприклад, такий принцип використовують для очищення жиру від домішок, які мають більшу густину. При цьому відстійник оснащують водяною сорочкою для плавлення жиру.

Недолік таких апаратів – низька продуктивність, і втрати часу на додаткові операції заповнення і очищення.

Відстійники напівбезперервної дії

Такі відстійники є більш продуктивними. Їх виготовляють у вигляді металевих або бетонних каналів.

Конструкція відстійника для розділення двофазних систем показана на *рисунку 4.51.*

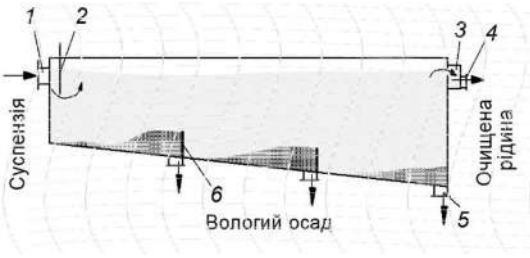


Рисунок 4.52. Відстійник напівбезперервної дії:
1 – патрубок подачі суспензії;
2 – перегородка;
3 – жолоб;
4 – патрубок відведення очищеної рідини;
5 – патрубки відведення осаду;
6 – перегородки.

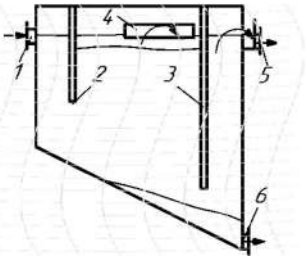


Рисунок 4.53. Відстійник напівбезперервної дії для трифазних систем:
1 – патрубок подачі суспензії;
2, 3 – перегородки;
4, 5 – жолоби для відведення легкої фракції (жиру) і води;
6 – патрубки відведення осаду.

Суспензія безперервно подається у патрубок 1. Перегородка 2 рівномірно розподіляє продукт. Очищена рідина безперервно відводиться через патрубок 3. З метою одержання максимального ступеня очищення суспензії перед відвідним патрубком встановлюють перегородку, через яку відводиться верхній, найбільш очищений шар продукту.

Осад відводять періодично, коли він накопичиться, через набір патрубків 5. Великі та більш важкі частинки осідають раніше, і відводяться через патрубки, розміщені на початку відстійника. Найбільш дрібні частинки відводяться у кінці. Так проводиться розділення частинок за розміром.

Крім суспензій, подібні відстійники використовуються у консервній промисловості для розділення за розміром плодів (горох, боби, вишня та інших).

Шар накопиченої згущеної суспензії під час відведення перешкоджає витіканню дисперсійного середовища. Безперервно відводити осад неможливо, тому що виникають значні втрати продукту, а осад буде мати високу вологість.

Для розділення трифазних неоднорідних систем (наприклад, це стічні води, що містять жир і тверді частинки) використовують трисекційні відстійники *(рисунок 52)*. У всіх секціях осідають тверді частинки, які відводяться періодично через патрубок 6. У другій секції жирові частинки спливуть нагору і відводяться безперервно у жолоб 4. У третій секції у жолоб 5 відводиться очищена рідина.

Відстійники безперервної дії

У цих відстійниках осад і очищена рідина відводяться безперервно. Для цього необхідно, щоб біля патрубка відведення постійно перебував шар осаду, який не дозволяє витікати суспензії.

Відстійник зі шкребками (рисунок 4.54)**.** У ньому є шкребки, які постійно просувають осад до вивантажувального патрубку.

У циліндричний корпус відстійника через патрубок 1 і трубу для рівномірного розподілу безперервно подають суспензію.

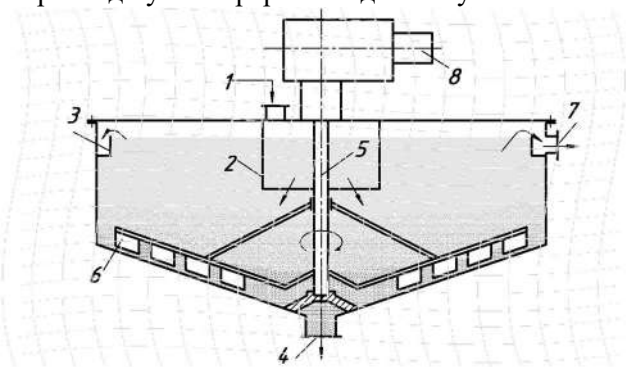


Рисунок 4.54. Відстійник безперервної дії зі шкребками:
1 – патрубок введення суспензії; 2 – розподільна труба; 3 – жолоб;
4 – патрубок відведення осаду; 5 – вал; 6 – шкребки;
7 – патрубок відведення декантату; 8 – привод валу

Тверді частинки осідають на конічне днище. Верхній, найбільш очищений шар рідини безперервно виливається через перегородки в жолоб 3. У ємкості обертається вал 5 із частотою до 10 об/хв. На валу під кутом до радіусу обертання закріплені шкребки 6, які просувають осад до вихідного патрубка 4. Осад накопичується і безперервно відводиться.

Відстійники займають більшу виробничу площу. Тому для збільшення продуктивності і економії площ застосовують багатоярусні відстійники.

Багатоярусний відстійник. У багатоярусному відстійнику суспензія подається у верхній ярус *(рисунок 4.55*), де лопаттю 2 може відводитись піна. Після цього суспензія через пустотілий вал 1 розподіляється ярусами. У кожному ярусі на валу встановлені шкребки, які просувають осад до центру днища, де він безперервно відводиться по каналах 4. Очищена рідина також відводиться безперервно через жолоби 3 у верхній частині кожного ярусу.

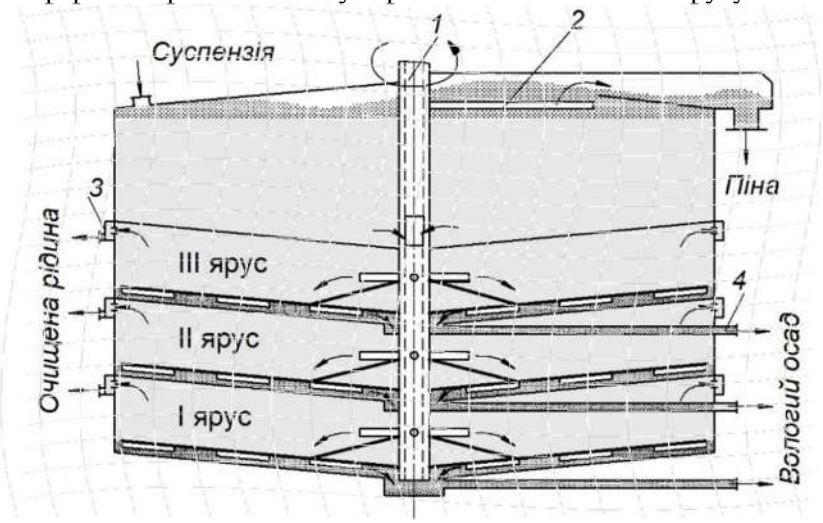


Рисунок 4.55. Багатоярусний відстійник:
1 – вал зі шкребками; 2 – лопать відведення піни; 3 – жолоб для відведення очищеної рідини; 4 – канал для відведення осаду.

Продуктивність відстійників

Продуктивність відстійників розраховується за формулою:

$$V=F\cdot V,\ \text{m}^3/\text{c}$$

де F – площа поверхні осадження, $м^2$; V – швидкість осадження, $м/с$.

З формули видно, що продуктивність відстійника не залежить від його висоти, а тільки від площі поверхні осідання і швидкості осідання.

4.6.3. Обладнання для розділення дисперсних систем у відцентровому полі

Центрифуги

Центрифуги – машини, у яких розділення неоднорідних систем відбувається в полі дії відцентрових сил.

Основний робочий орган центрифуги – барабан, який обертається з великою швидкістю на вертикальному або горизонтальному валу. Під дією відцентрових сил частинки з більшою густиною осідають на стінках барабану.

Залежно від принципу розділення бувають відстійні та фільтрувальні центрифуги. Стінки барабану відстійних центрифуг суцільні. У фільтрувальних центрифугах стінки барабану перфоровані, а на внутрішній поверхні встановлюються фільтрувальні перегородки (наприклад, із тканини).

Інтенсивність розділення під час центрифугування визначається критерієм розділення (критерій Фрудта), який показує, на скільки дія відцентрових сил перевищує дію сил тяжіння:

$$F_r = \frac{\omega^2 R}{g} \qquad (4.9)$$

де ω – кутова швидкість обертання; R – радіус обертання, м; g – прискорення сили тяжіння, м/с^2;

Відповідно до цього розрізняють тихохідні центрифуги (Fr<1000), нормальні (1000<Fr<3500) і швидкохідні (Fr>3500).

За режимом роботи центрифуги можуть бути періодичної та безперервної дії.

Центрифуги широко використовуються в цукровому виробництві для розділення утфеля, для зневоднення крохмалю в крахмало-патоковому виробництві, відділення шквари від жирової фракції у м'ясопереробному виробництві; у лініях виробництва молочного цукру, казеїну та інших.

За розташуванням валу, на якому розміщується барабан, розрізняють *горизонтальні, похилі та вертикальні* центрифуги. Найпоширенішими є вертикальні центрифуги. Вал ротора цих центрифуг може мати опори внизу, або підвішуватися.

Відстійні центрифуги застосовуються для розділення емульсій і суспензій. Якщо в барабан, який обертається, подавати емульсію,

яка складається, наприклад, з води із крапельками жиру, то вона утворює кільцевий шар, товщина якого відповідає товщині виступу на барабані. Жир, як більш легкий компонент, утворює внутрішнє кільце. Відводячи рідину, відповідно із внутрішнього і зовнішнього кільця, ми розділяємо систему.

Під час розділення суспензії тверді частинки під дією відцентрової сили переміщуються в радіальному напрямку до стінок барабану і утворюють шар осаду. Процес центрифугування у цьому випадку складається із двох періодів: осідання твердої фази і ущільнення осаду. Під час ущільнення осаду проходить витиснення з нього рідкої фракції до рівноважної вологості, яка визначається утвореним тиском і структурою системи. Тривалість ущільнення осаду і витиснення з нього рідини значно перевищує тривалість осадження частинки.

Відстійні центрифуги можуть бути з ручним і механізованим розвантаженням осаду.

Фільтрувальні центрифуги застосовуються для розділення суспензій, які мають кристалічну дисперсійну фазу з метою одержання осаду з мінімальним вмістом рідини і для зневоднювання твердих матеріалів. Суспензія надходить у барабан і дисперсійна фаза під дією відцентрової сили утворює на фільтрувальній поверхні барабану шар осаду. Рідка фаза проходить крізь пори осаду і отвори фільтрувальної перегородки, після чого віддаляється із центрифуги. Шар осаду безперервно росте, поки в системі буде утримуватися тверда фаза. Далі проходить ущільнення осаду, а потім механічне осушення осаду, коли з його пор виділяється рідина і туди проникає повітря.

Центрифуги періодичної дії

Вертикальна триколонна центрифуга періодичної дії, фільтрувальна, з ручним розвантаженням осаду, показана на рисунку 4.57. Центрифуга використовується для відділення молочного цукру, дріжджового осаду, знежирення шквари, зневоднення крохмалю та багатьох інших випадків.

Корпус 1 центрифуги з кожухом, приводом і барабаном 8 за допомогою трьох припливів 4, які розташовано під кутом 120°, закріплений підвісами 5 на трьох колонах 2. Колони змонтовані на фундаментній плиті. Підвіси мають сферичні головки 3, які

опираються на сферичні головки колон і припливів корпусу. Куляста поверхня підвісів із пружинами 6 забезпечує можливість самоврівноважування корпусу під час обертання барабану і гасить вібрації. Тому ці центрифуги малочутливі до нерівномірного завантаження барабану.

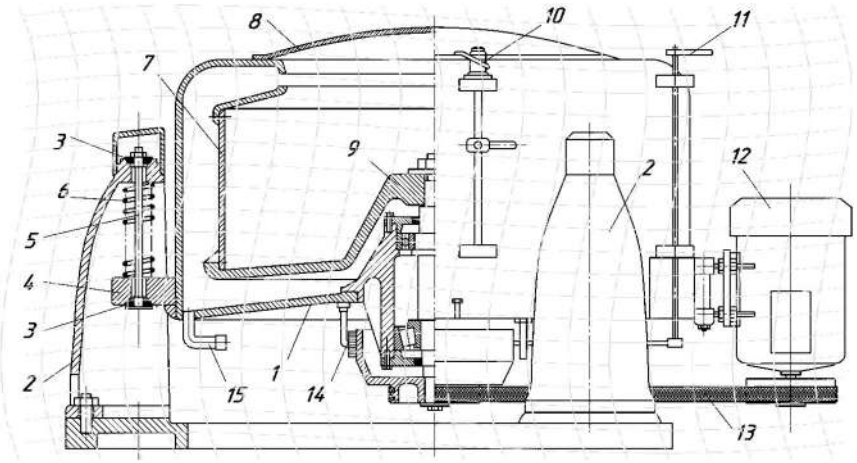


Рисунок 4.57. Триколонна фільтрувальна центрифуга:
1 – корпус; 2 – колона; 3 – сферична головка; 4 – приплив; 5 – підвіс; 6 – пружина; 7 – барабан; 8 – кришка; 9 – маточина барабану; 10 – затискач кришки; 11 – рукоятка механізму гальмування; 12 – електродвигун; 13 – пасова передача; 14 – гальмо; 15 – патрубок.

Перфорований барабан центрифуги кріпиться на вертикальному валу за допомогою маточини 9. Конусоподібна форма маточини сприяє рівномірному розміщенню матеріалу в барабані. Дно барабану суцільне.

Електродвигун 12 через відцентрову муфту і клинопасову передачу передає обертання валу. Барабан розміщається в корпусі, який оснащений відкритою кришкою 8. При відкритій кришці центрифуга не включається. Нижня частина корпусу призначена для збору фільтрату, який відводиться через нижній патрубок 15.

Під час фільтрування суспензій внутрішню перфоровану поверхню барабану покривають дренажною сіткою і фільтрувальною тканиною. Суспензія подається у барабану через отвір у кришці. Після повного осідання частинок суспензії осад

промивається, зневоднюється, і вивантажується вручну після зупинки центрифуги через верхню горловину барабану.

Саморозвантажувальна підвісна центрифуга (рисунок 4.58). використовується для розділення суспензій, які вимагають короткого циклу центрифугування, найбільш часто використовується для розділення утфелю на цукрових заводах.

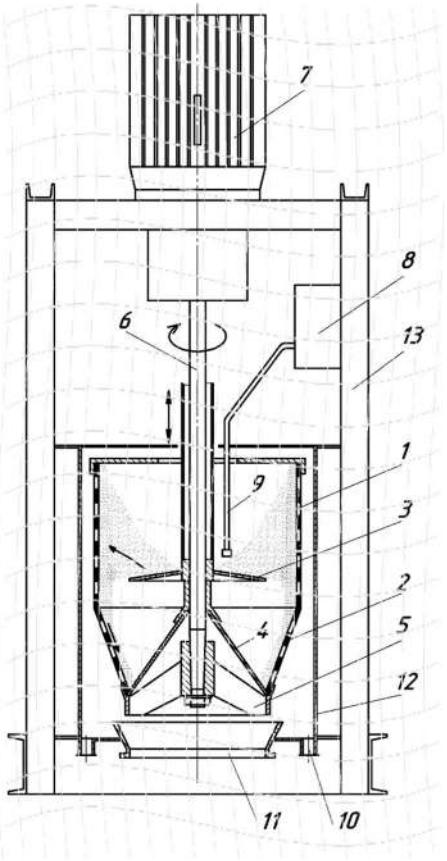


Рисунок 4.58. Саморозвантажувальна підвісна центрифуга:
1 – перфорований барабан;
2 – конічна частина барабану;
3 – диск;
4 – конус;
5 – маточина з ребрами;
6 – приводний вал;
7 – привод;
8, 9 – дозатор і труба подачі суспензії та промивної рідини;
10, 11 – патрубки відведення фільтрату і осаду;
12 – кожух;
13 – стійки.

Усі обертальні органи цієї центрифуги підвішені на валу привода 7, який закріплено на стійках 13.

На валу 6 за допомогою маточини з ребрами 5 закріплений барабан 1, розподільний диск 3 і конус 4. Із досягненням барабаном необхідної частоти обертання (≈ 3000 об/хв), на розподільний диск із труби 9 подають суспензію, яка під дією відцентрової сили

розпорошується на барабан і рівномірно розподіляється на його стінках. Рідка фаза фільтрується через шар осаду, проходить через отвори барабану і відводиться через патрубок 10. Після зупинки барабану спеціальним пристроєм (на схемі не показано) піднімають конус 4, і осад самопливом вивантажується в патрубок 11.

Нижня частина барабану – конічна. Кут конуса підібраний так, щоб осад вивантажувався самопливом тільки після зупинки барабану.

Якщо необхідно промити осад, то після завершення фільтрування барабан не зупиняють, а на осад із труби 9 подають промивальну рідину. Після відтискання рідини барабан зупиняють, піднімають конус і відводять осад. Після відведення осаду аналогічним чином проводять очищення стінок барабану.

Перевагами такої конструкції є те, що привід центрифуги не піддається корозії, тому що його верхнє розташування усуває випадковий контакт із рідиною; осад відводиться легко і швидко без додаткових пристроїв.

Недолік – втрати часу на часту зупинку барабану для відведення осаду і нераціональні витрати енергії на частий розгін барабану.

Продуктивність центрифуг періодичної дії розраховують за формулою:

$$M = \frac{60 \cdot \alpha \cdot \rho \cdot V_б}{\tau_ц + \tau_п}, \text{ (кг/год)} \qquad (4.11)$$

де α – коефіцієнт завантаження барабану;

$V_б$ – об'єм барабану, м^3;

ρ – густина вхідної суміші, кг/м^3;

$\tau_ц$ – тривалість центрифугування, хв;

$\tau_п$ – тривалість допоміжних операцій, хв.

Потужність центрифуги періодичної дії.

Максимальна потужність необхідна в момент пуску, коли енергія витрачається на подолання інерції барабану і маси матеріалу, які необхідно привести в обертання.

Потужність, яка витрачається на подолання інерції маси барабану:

$$N_1 = \frac{m_б \cdot \omega^2 \cdot R_б^2}{2 \cdot 1000 \cdot \tau_n}, \text{ кВт}, \quad (4.13)$$

де $m_б$ – маса барабану, кг;

ω – кутова швидкість, $с^{-1}$;

$R_б$ – радіус барабану, м;

τ_n – тривалість пускового періоду, с.

Потужність, яка витрачається на подолання інерції завантаженої в барабан маси:

$$N_2 = \frac{a \cdot V_б \cdot \rho_c \cdot \omega^2 \cdot r_c^2}{2 \cdot 1000 \cdot \tau_n}, \text{ кВт}, \quad (4.14)$$

де $r_{ср}$ – середній радіус кільця рідини в барабані, м.

Крім того, потужність витрачається на подолання тертя барабану об повітря і у підшипниках.

Потужність, яка витрачена на тертя барабану об повітря:

$$N_3 = 1.8 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_n \cdot F \cdot \omega^3 \cdot R_б^3, \text{ кВт}, \quad (4.15)$$

де: ρ – густина повітря, $кг/м^3$;

F – бічна поверхня барабану, $м^2$;

Потужність, яка витрачається на тертя у підшипниках:

$$N_4 = \frac{(m_б + m_c) \cdot f \cdot \omega_в}{1000}, \text{ кВт}, \quad (4.16)$$

де $m_б$ – маса барабану, кг;

m_c – маса завантаженої в барабан суміші, кг;

$\omega_в$ – колова швидкість цапфи вала, м/с;

f – коефіцієнт тертя (f = 0,1–0,2)

Сумарна потужність із врахуванням коефіцієнту корисної дії передач становить:

$$N_4 = \frac{N_1 + N_2 + N_3 + N_4}{\eta}, \text{ кВт} \quad (4.17)$$

де η – коефіцієнт корисної дії приводу машини.

Центрифуги безперервної дії

Відстійна центрифуга зі шнековим вивантаженням осаду називається декантером.

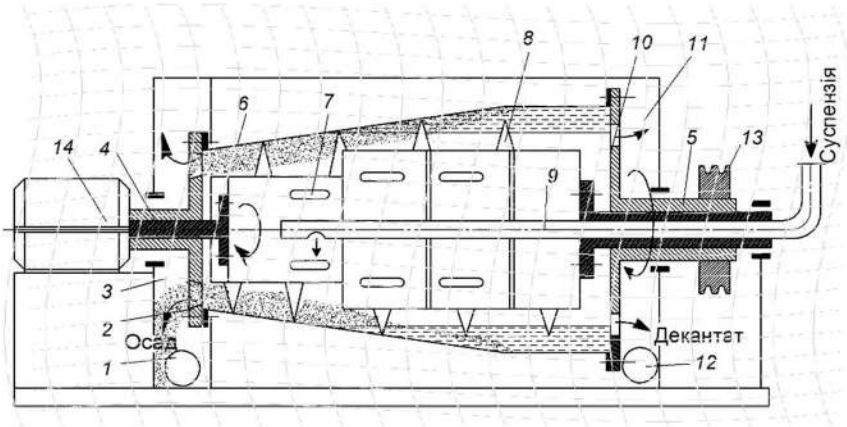


Рисунок 4.59. Самовивантажувальна центрифуга зі шнековим вивантаженням осаду:

1, 12 – патрубки відведення осаду і декантату; 2, 10 – отвори вивантаження осаду і декантату; 3, 11 – камери накопичення осаду і декантату; 4, 5 – внутрішній і зовнішній вали; 7 – отвір для суспензії; 8 – шнек; 9 – труба; 13 – шків пасової передачі; 14 – редуктор.

У корпусі центрифуги (рисунок 4.59) на валах 4 (внутрішній) і 5 (зовнішній) закріплені конічний барабан 6 і пустотілий шнек 8. Вал 5 з барабаном 6 одержують рух від шківа 13. Рух через зовнішній вал передається планетарному редуктору 14, який зменшує частоту обертання вихідного з нього внутрішнього валу зі шнеком. У підсумку барабан і шнек обертаються в одну сторону, але шнек має частоту обертання на 1–2% менше, ніж барабан. Завдяки цьому він транспортує осад, що накопичується на стінках барабану.

У шнек через трубу 9 подається суспензія, і через вікна 7 потрапляє в барабан. Тверді частинки мають більшу густину, тому вони осідають на стінках барабану. Осад транспортується шнеком до отвору 2, вивантажується в камеру 3 і виводиться через патрубок 1. Освітлена рідина (декантат) потрапляє через отвори 10 у камеру 11, і виводиться через патрубок 12.

Розташування отворів 11 для відведення декантата змінює коефіцієнт заповнення барабану. Чим ближче вони до осі обертання, тим більший ступінь заповнення, продуктивність центрифуги збільшується, але вологість осаду також стане більшою.

Подібні центрифуги (декантери) використовують у виробництві крохмалю для його відділення від крохмального молока; для

відділення рідини від шквари на м'ясопереробних підприємствах; освітлення фруктових соків і пива; очищення стічних вод.

Під час обертання ротора рідина утворює внутрішнє кільце, товщина якого визначається положенням зливальних отворів на торцевих стінках ротора. Внутрішній діаметр кільця визначає діаметр і довжину зливного циліндра.

Продуктивність центрифуги зі шнековим розвантаженням осаду визначається за формулою:

$$П = 3.3 \cdot 10^{-3} \cdot D^2 \cdot L \cdot (\rho_T - \rho_Ф) \cdot d^2 \cdot \frac{n^2}{\mu}, \qquad м^3/год \qquad (4.12)$$

де D, L – відповідно діаметр і довжина зливного циліндра, *м;*

ρ_T, $\rho_Ф$ – густина відповідно твердих частинок і дисперсійної фази, *кг/м*^{3};

d – мінімальний розмір частинок, за якими проходить розділення, м;

n – частота обертання ротора, хв$^{-1}$;

μ – в'язкість середовища, Па·с.

Фільтрувальна центрифуга з пульсувальним вивантаженням осаду. У цій центрифузі суспензія подається через трубу 5 *(рисунок 4.60)*, і під дією відцентрових сил відкидається до стінок перфорованого барабану 1. Барабан приводиться в рух від приводу 7 через пустотілий вал 4.

На внутрішній поверхні барабану накопичується осад. Рідина, просочуючись через осад, фільтрується, проходить через отвори барабану і відводиться.

В середині барабану перебуває диск 2, який з'єднано з поршнем 3. Поршень розміщено усередині пустотілого валу 4.

Поршень обертається разом з барабаном, і періодично робить зворотно-поступальний рух, приводячи в рух диск (хід поршня – до 50 мм). Під час руху диска осад поступово виводиться з барабану.

Іноді потрібно додатково промити осад. Для цього через трубу 6 подають промивальну рідину.

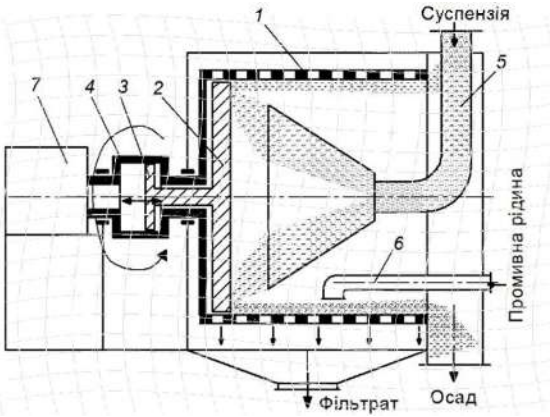


Рисунок 4.60. Пульсувальна центрифуга:
1 – барабан;
2 – диск;
3 – поршень;
4 – пустотілий вал;
5 – труба подачі суспензії;
6 – труба подачі промиваючої рідини;
7 – привід.

Фільтрувальна центрифуга з відцентровим вивантаженням осаду має конусний перфорований барабан 1 *(рисунок 4.61)*. Суспензія подається трубою 2, відкидається до конічних стінок і піднімається нагору. На стінках осідає осад, через який фільтрується рідина.

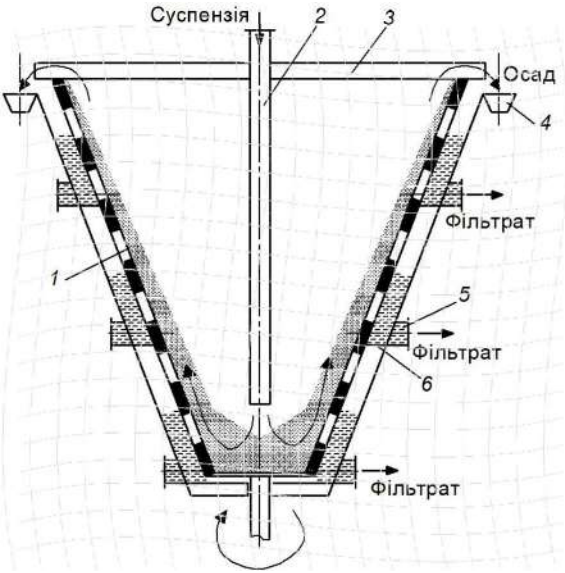


Рисунок 4.61. Фільтрувальна центрифуга з відцентровим вивантаженням осаду:
1 – барабан;
2 – труба подачі суспензії;
3 – кришка;
4 – жолоб для осаду;
5 – патрубки відведення фільтрату;
6 – перегородки.

Осад виводиться в жолоб 4. Продуктивність центрифуги регулюють підніманням або опусканням кришки 3. При піднятті кришки маса виведеного осаду збільшується, але при цьому збільшується його вологість.

Концентрація сухих речовин в осаді збільшується під час його руху вгору, і ступінь очищення фільтрату, відведеного з верхньої частини барабану, буде вище. Тому за висотою барабану встановлюють кілька патрубків для відведення фільтрату.

Сепаратори

Це апарати, призначені для розділення емульсій і освітлених тонких суспензій під дією відцентрових сил.

Вони відрізняються від центрифуг тим, що в середині барабану перебувають конічні тарілки, які розділяють суміш на ряд тонкошарових потоків. Це зменшує шлях осадження частинок і збільшує поверхню осадження.

Сепаратори застосовуються для очищення і нормалізації молока; виділення пекарських і кормових дріжджів; відділення сиру від сироватки; зневоднення тваринного жиру і розділення крові; освітлення вина і соків.

За технологічним призначенням розрізняють:

– сепаратори – роздільники (для розділення емульсій);
– сепаратори – очисники (для відділення твердих частинок);
– комбіновані сепаратори.

Сепаратори-роздільники призначені для розділення емульсій на фракції і концентрування дисперсійної фази.

Поділ емульсії відбувається в просторі між тарілками 4 (рисунок 4.62), які закріплені у барабані 2. Частота обертання барабану може перевищувати 5000 об/хв.

Емульсія подається трубою (пустотіломим валом) 7 під нижню тарілку 1. Нижня тарілка приварена до труби. З під нижньої тарілки емульсія потрапляє в канали 5, які утворені отворами в пакеті тарілок 4, і розподіляється в просторі між тарілками. Під дією відцентрової сили емульсія відкидається до стінок барабану. Але фаза з меншою густиною (наприклад, молочні вершки) витісняється фазою з більшою густиною до осі барабану. Як аналогічний процес можна привести процес розділення молока в полі гравітаційних сил – через

певний час вершки спливуть нагору ємності із продуктом. Так як емульсія подається і розділяється в сепараторі безперервно, легка фаза накопичується і піднімається каналом між тарілками і трубою, і відводиться через патрубок 8. Важка фаза піднімається уздовж стінок барабану, рухається над верхньою тарілкою 6, і відводиться через патрубок 8.

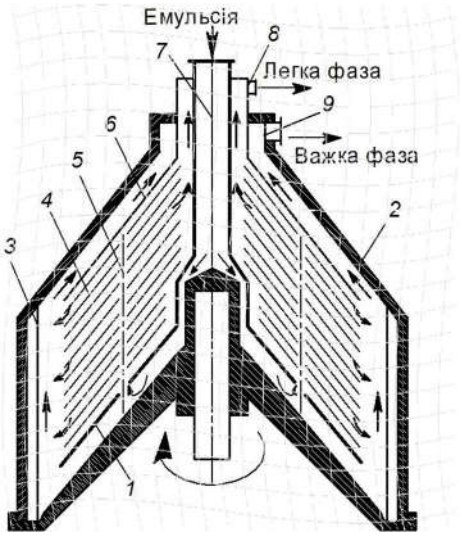


Рисунок 4.62. Схема сепаратора-роздільника:
1 – нижня тарілка;
2 – барабан;
3 – перегородка;
4 – пакет тарілок;
5 – канал з отворів у тарілках;
6 – верхня тарілка;
7 – труба (пустотілий вал) подачі емульсії;
8 – патрубок відведення легкої фази; 9 – патрубок відведення важкої фази.

Щоб уникнути відставання рідини від руху барабану, на його стінках установлюють перегородки 3.

Зазор між тарілками вибирається за умови вільного проходу частинок внутрішньої фази емульсії. Слід урахувати, що при більших зазорах потік рідини турбулізується, що ускладнює розділення емульсії і збільшує витрати енергії на розділення.

Під час роботи сепаратора між тарілками накопичуються нерозчинені частинки. Вони створюють великий опір руху емульсії, зменшуючи продуктивність. Тому сепаратор періодично розбирається і тарілки промиваються.

Перед подачею в сепаратор продукт за можливістю нагрівають – при цьому значно зменшується в'язкість, як результат – менші витрати енергії та більш тривалий час роботи сепаратора без очищення.

Більш детально розглянемо конструкцію сепаратора на прикладі сепаратора вершковіддільника.

Сепаратор-вершковіддільник використовується для розділення молока на вершки і знежирене молоко (рисунок 4.63).

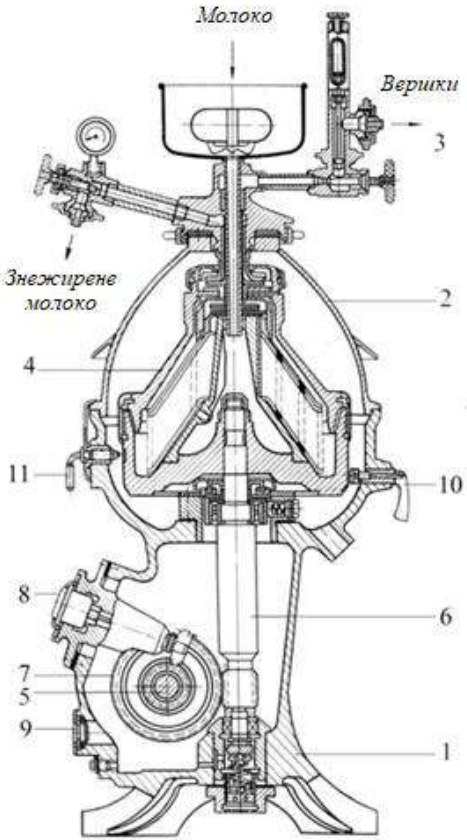


Рисунок 4.63. Сепаратор-вершковіддільник ОСП-3М:

1 – станина;
2 – кришка;
3 – приймально-відвідний пристрій;
4 – барабан;
5 – горизонтальний вал;
6 – вертикальний вал;
7 – зубчаста передача;
8 – тахометр;
9 – покажчик рівня мастила;
10 – гальмо;
11 – прижимні планки.

Основні частини сепаратора змонтовано на станині 1. У верхній частині станини на вертикальному валу 6 розміщений барабан 4. У барабані розміщений пакет тарілок. Барабан закритий кришкою 2, на якій за допомогою гайки закріплено, приймально-відвідний пристрій. Кришка притиснута до станини двома прижимні планками *11*. На стінці чаші розташовано два ручних гальма 10 для швидкої

зупинки барабану, а також два гвинти 11, які втримують барабан від провертання під час розбирання і складання.

В нижній частині станини розміщений приводний механізм, який складається з вертикального 6 і горизонтального 5 валів. Горизонтальний вал одержує рух від двигуна через фрикційну муфту, і через зубчасту передачу 7 передає рух вертикальному валу. Фрикційна муфта дозволяє плавно розігнати барабан до потрібної частоти. Для показань частоти обертання барабану використовується тахометр 8 (приєднаний до горизонтального валу). В середину станини заливається мастило для приводного механізму. Рівень мастила контролюють за допомогою покажчика рівня 9.

Сепаратори-очисники призначені для виділення твердих частинок з рідини. Тарілки цих сепараторів не мають отворів. Суспензія проходить під нижньою тарілкою до стінки барабану і направляється в міжтарілковий простір. Частинки, густина яких більше, чим освітленої рідини, переміщуються під дією відцентрових сил у напрямку стінки барабану, і там накопичуються, утворюючи шар осаду. Інші тверді частинки виділяються в міжтарілковому просторі. Тому периферійний простір між пакетом тарілок і стінкою барабану в сепараторах-освітлювачах більше, ніж у сепараторах-роздільниках. Освітлена рідина переміщується між тарілками в напрямку осі барабану і через спеціальний пристрій безперервно відводиться із сепаратора. Осад може бути вивантажений під час зупинки сепаратора або за допомогою спеціальних пристроїв без зупинки барабану.

Залежно від характеру розвантаження твердої фракції розрізняють сепаратори періодичної, безперервної і пульсувальної дії.

У сепараторах періодичної дії осад після розбирання барабану вивантажується вручну.

Сепаратор-очисник безперервної дії. Тверда фракція вивантажується під дією відцентрової сил із сопел, які рівномірно розміщені внизу барабану *(рисунок 4.64)*. У цих сепараторах обов'язково повинна бути рухомість осаду в соплах. Суспензія каналом 6 надходить під нижню тарілку 3, розподіляється між тарілками 4, і розділяється. Важкі частинки концентруються біля стінок барабану, надходять у канал 2 і відводяться у вигляді

концентрованої суспензії через отвори 1. Легка очищена фаза витісняється до центру барабану і відводяться через отвір 5.

У сепараторі-очиснику пульсувальної дії тверда фракція вивантажується періодично, коли накопичується осад. Днище барабану в цьому сепараторі (рисунок 4.65) виконане у вигляді поршня 1, який періодично опускається на короткий проміжок часу (до 0.2с), і відкриває щілини 2 у корпусі барабану. Через відкриту щілину осад під дією відцентрової сили відводиться.

Такі сепаратори найчастіше використовують для очисщення молока від твердих частинок.

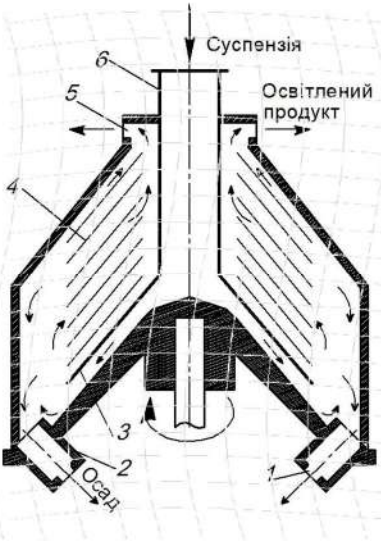


Рисунок 4.64. Сепаратор-освітлювач безперервної дії.
1 – отвір; 2 – канал відведення осаду; 3 – нижня тарілка; 4 – тарілки; 5 – патрубок відведення освітленої фази; 6 – труба подачі суспензії.

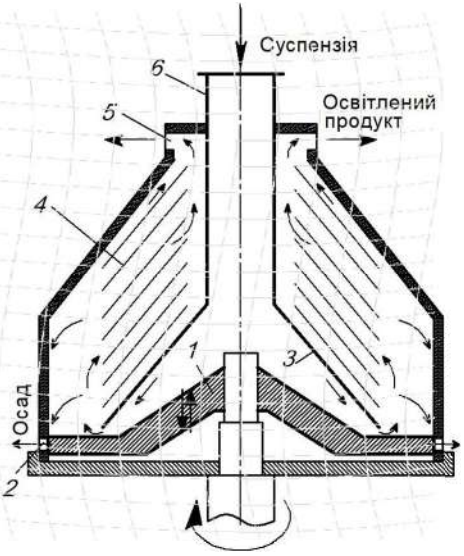


Рисунок 4.65. Сепаратор-освітлювач пульсувальної дії:
1 – пульсувальне днище барабану; 2 – щілина відведення осаду; 3 – нижня тарілка; 4 – тарілки; 5 – патрубок відведення освітленої фази; 6 – труба подачі суспензії.

Крім барабану, усі конструкції сепараторів мають корпус із приводом, приймальні і відвідні пристрої, які можуть бути

відкритими, напівзакритими і герметичними. У пристроях відкритого типу подача вихідної рідини і відведення фракцій виконують відкритим потоком, а відведення рідких фракції – під тиском закритими патрубками. У сепараторі з герметичним приймально-відвіднимим пристроєм процес сепарування, подача і відведення продукту проводиться без доступу повітря.

Гідроциклони і циклони

Поле відцентрових сил може бути утворене не тільки під час обертання робочого органу центрифуги або сепаратора, а і під час обертального руху рідини або газу у нерухомому апараті. Ці апарати називають *гідроциклонами* і *циклонами. Гідроциклони* використовуються для очищення стічних вод, розділення і згущення суспензії в крохмало-патоковому і виноробному виробництвах.

Гідроциклон складається із короткої циліндричної 2 *(рисунок 4.66)* і довгої конічної 3 частин. Суспензія по тангенціально спрямованому патрубку 1 надходить у гідроциклон по дотичній, починає обертатися навколо центральної труби. Тверді частинки під дією відцентрової сили відкидаються в крайні шари рідини і рухаються разом із нею по спіралі вниз уздовж стінок гідроциклону. У конічній частині частинки концентруються, і згущена суспензія виводиться через патрубок 4. Очищена рідина, продовжуючи обертання, зміщується до осі, піднімається вгору, через патрубок 5 потрапляє в камеру 6 і виводиться через патрубок 7.

Відцентрова сила, що діє на частинку в гідроциклоні:

$$F = \frac{m_ч \omega^2}{R}$$

де ω – колова швидкість обертання рідини, *м/с*; *R* – радіус обертання частинки, *м.*

Як видно з формули, зі зменшенням радіусу гідроциклону зростає рушійна сила розділення, яка дозволяє збільшити швидкість осадження. Тому, для освітлення суспензій часто використовують гідроциклони маленького діаметру (до 20 мм), які об'єднують у паралельні групи. Ступінь очищення регулюється шляхом зміни глибини занурення патрубка 5, або зміною діаметра патрубка 4.

Для збільшення терміну експлуатації внутрішню поверхню гідроциклонів покривають зносостійкими матеріалами.

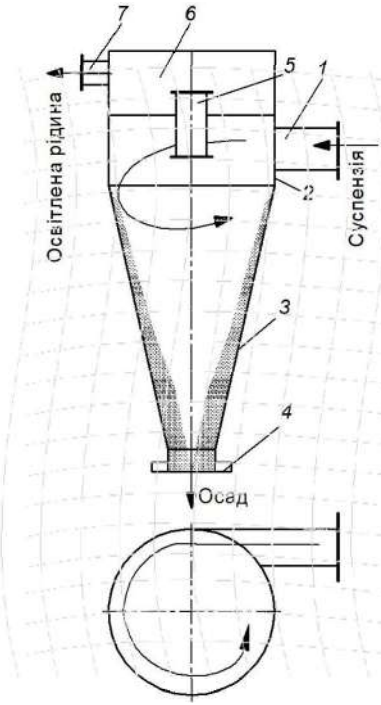


Рисунок 4.66. Гідроциклон:
1 – патрубок подачі суспензії;
2 – циліндрична частина;
3 – конічна частина;
4 – патрубок відведення осаду;
5 – патрубок;
6 – камера;
7 – патрубок відведення освітленої рідини.

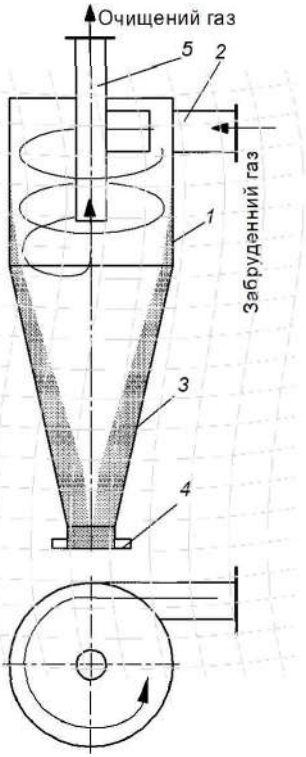


Рисунок 4.67. Циклон:
1 - корпус;
2 – патрубок подачі;
3 – конічна частина;
4 – патрубок відведення твердих частинок;
5 – патрубок відведення очищеного газу.

Циклон. Циклони використовуються для розділення газових неоднорідних систем від твердих частинок, для очищення повітря від пилу. Широко використовуються в борошномельному виробництві, у виробництві сухого молока, висушуванні продуктів – скрізь, де повітря забруднюється дрібними частинками і пилом. Екологічні норми і умови охорони праці не допускають запилення повітря. При

певній концентрації і джерелі вогню (іскрах) повітряна суміш вибухонебезпечна.

Порівняно з гідроциклонами, циклони мають більші розміри (висотою до 3 м, діаметром до 0,5 м), і більш довгу циліндричну частину. Їх також за необхідності поєднують у паралельно працюючі групи.

У циліндричний корпус 1 циклону (рисунок 4.67) через патрубок 2 з великою швидкістю надходить запилений газ. Патрубок розміщений тангенціально циліндричному корпусу, тому газ починає інтенсивно обертатися у корпусі. Виникає відцентрова сила, яка відкидає частинки до стінок корпусу. Під час удару об стінку частинки втрачають швидкість, падають у конічну частину 3 циклону, і віддаляються через патрубок 4. Очищений газ відводиться в трубу 5.

4.6.4. Обладнання для фільтрування

Фільтри – це апарати, які призначені для розділення неоднорідних систем за допомогою пористих перегородок, здатних пропускати рідку або газову фазу і затримувати тверді частинки.

Як фільтрувальні перегородки використовують шар дрібнозернистих матеріалів (гравій, пісок), волокнисті матеріали (азбестове волокно, вату), керамічні трубки, дротові плетені або штамповані металеві сітки.

Затримувальна здатність металевих сіток незначна, вони використовуються для грубого розділення суспензій. Найбільш часто використовують штучні і бавовняні тканини, які мають відносно невеликий опір і зручні для конструювання фільтрів.

Для фільтрування часто використовують допоміжні матеріали: азбест, целюлозу, діатоміт, перліт, деревне і кісткове вугілля. Ці матеріали накопичуються на фільтрувальній перегородці і затримують дуже дрібні частинки. Крім цього вони підвищують пористість осаду і знижують його гідравлічний опір. Це підвищує швидкість фільтрування. Активоване вугілля має також адсорбційну здатність, і поглинає з рідини барвники. Активоване вугілля широко використовується для очищенні цукрових сиропів, пива, вина, жирів.

Більшість фільтрів працює за таким циклом:

1. Подача суспензії, утворення осаду на пористій перегородці. Суспензія фільтрується через шар осаду.

2. Промивання осаду з метою його повного очищення від дисперсійного середовища.

3. Вивантаження осаду, очищення фільтра.

Цикл фільтрування τ визначається за формулою:

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 , \; c$$

де τ_1 – час фільтрування, с;

τ_2 – час промивання осаду, с;

τ_3 – час додаткових операцій, с (завантаження, розвантаження, обслуговування фільтру).

Продуктивність фільтру:

$$П = \mathrm{F} \cdot \nu \cdot \tau , \; м^2/с$$

де F – площа поверхні фільтрування, $м^2$; ν – швидкість фільтрування, $\frac{м^3}{м^2 \cdot с}$, τ – час одного циклу фільтрування, $с$.

Швидкість фільтрування показує, який об'єм фільтрату ($м^3$) проходить через площу поверхні фільтрування *1* $м^2$ за одиницю часу (с). Швидкість фільтрування залежить від тиску, що діє на суспензію, товщини шару осаду, його структури, складу і температури суспензії.

Рушійна сила процесу фільтрування – це різниця тиску (ΔP) до і після фільтрувальної перегородки. Залежно від способу утворення рушійної сили розрізняють:

– Фільтри, що працюють при атмосферному тиску
– Фільтри, що працюють під надлишковим тиском, який утворюється шляхом подачі неоднорідної системи в закритий апарат, або за рахунок подачі стисненого повітря.
– Вакуум-фільтри, що працюють із розрідженням за перегородкою. Розрідження створюється шляхом відведення фільтрату і відкачки повітря.

Фільтри періодичної дії

Найпростіший фільтр періодичної дії є нутч-фільтр. **Нутч-фільтр** (рисунок 4.67) – це ємність, у нижній частині якої на пористому каркасі (решітці) 1 розміщена фільтрувальна перегородка 2. Через деякий час на перегородці створюється шар осаду, через який фільтрується суспензія.

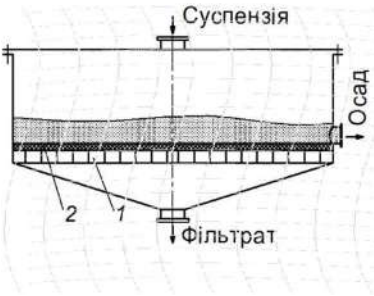


Рисунок 4.68. Фільтр періодичної дії (нутч):
1 – решітки;
2 - фільтрувальна перегородка

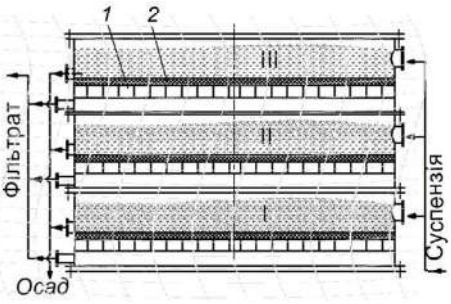


Рисунок 4.69. Багатоярусний фільтр періодичної дії:
1 – решітки; 2 – фільтрувальна перегородка; I – III – яруси.

Такі фільтри бувають відкриті (працюють при гідростатичному тиску), і закриті, що працюють при надлишковому тиску над перегородкою, або вакуумом під перегородкою.

Фільтрування відбувається до заповнення ємкості осадом. Після цього осад промивають, і відводять.

Для економії виробничих площ виготовляють **багатоярусні фільтри** (рисунок 4.68), в яких на кожний ярус подається суспензія, фільтрат відводиться і періодично видаляється осад. Роботу фільтру можна налаштувати так, щоб під час обслуговування одного ярусу працювали інші. Таким чином, робота фільтра буде безперервною.

Суспензії з малою кількістю твердої фази (неосвітлене пиво, вино, соки) складно очищати таким способом, тому що шар осаду, необхідний для фільтрування, накопичується довго. Тому перед початком фільтрування у фільтр накачують допоміжні речовини, які утворюють на решітках шар осаду, і після цього проводять процес фільтрування. У цей час звичайно використовують порошки на основі керамічних глин, наприклад, кізельгур. Таким способом можливо якісно фільтрувати пиво – за інших способів фільтрування (наприклад, відцентровому) губиться значна кількість розчиненого в ньому вуглекислого газу.

Недолік таких фільтрів – мала площа фільтрування. Більшу фільтрувальну поверхню мають листовий, патронний і трубчастий фільтри. Звичайно вони працюють за надлишкового тиску, тому їх ємкості герметичні і товстостінні.

Листовий фільтр. У цьому фільтрі (рисунок 4.70) фільтрувальні елементи виконані у вигляді листів 1, які одягнені на каркас із металевого дроту, і приєднують до колектора 2. Всередину фільтру подається суспензія, яка фільтрується через листи, і відводиться через колектор. Періодично, у міру нагромадження, осад промивається і відводиться.

Аналогічним чином працює **патронний фільтр**.

Фільтрувальні елементи – патрони, виконані у вигляді каркаса зі спеціального металевого профілю (рисунок 4.70). На каркас намотується шар тонкого дроту, що забезпечує надійне фільтрування. Патрони з'єднані з колектором, по якому відводиться фільтрат.

Ще раз нагадаємо, що для високого ступеня очищення у фільтр подають фільтрувальний порошок. Суспензія фільтрується через шар порошку на фільтрувальних елементах.

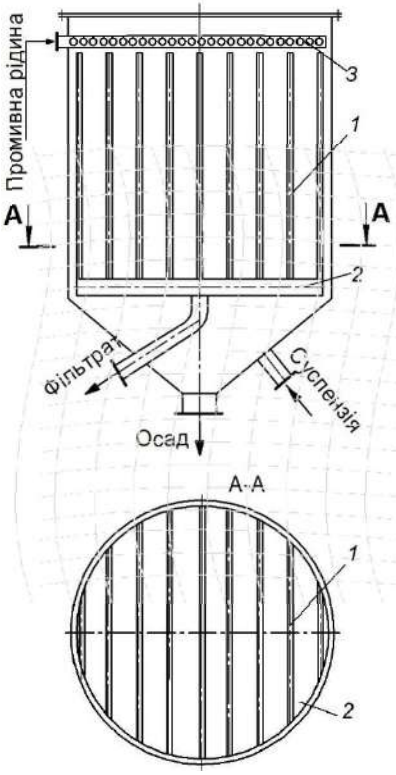


Рисунок 4.70. Листовий фільтр:
1 – листи;
2 – колектор;
3 - труба промивної рідини.

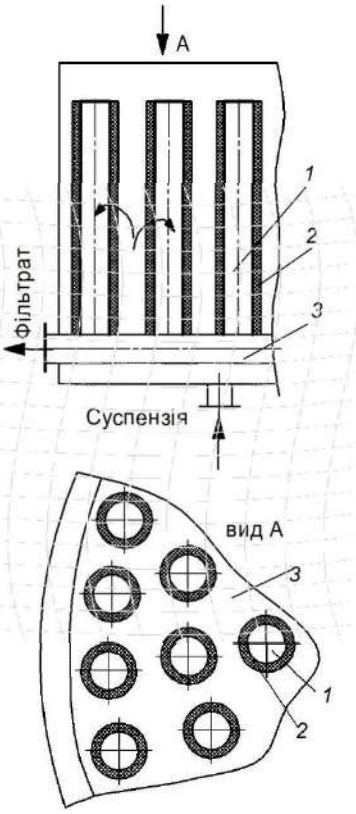


Рисунок 4.71. Елементи патронного фільтра:
1 – патрон (каркас);
2 – шар дроту;
3 – колектор

Пісочний фільтр використовується для очищення і поліпшення якості води, для виділення суспензованих частинок і мінеральних солей у виробництві фруктових вод і лікеро-горілчаних напоїв.

Це циліндричний резервуар зі сферичним дном 9 і знімною кришкою 4 (рисунок 4.72). У кришці є кран 3, який використовується як повітряний. Рідина подається у фільтр через патрубок 6 у верхній частині корпусу. До патрубка прикріплений на фланцях колектор 5, який служить для рівномірного розподілу рідини. До дна приварений

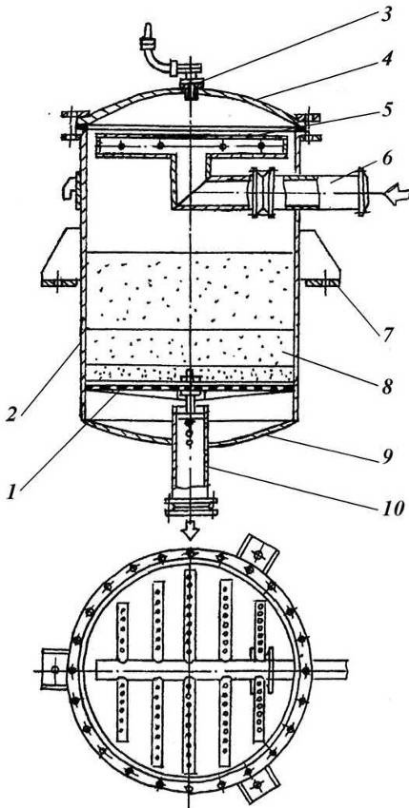


Рисунок 4.72. Пісочний фільтр:
1 – решітки; 2 – корпус;
3 – повітряний клапан;
4 – кришка; 5 – колектор;
6 – верхній патрубок;
7 – опорні лабети;
8 – шари піску;
9 – дно; 10 – нижній патрубок.

патрубок 10 з отворами для проходу відфільтрованої рідини. Одночасно він є центральною опорою для решіток 1. Решітки підтримується кільцем, яке приварене до корпусу. Як фільтрувальний матеріал використовується кварцовий пісок округлої форми. На решітки укладають металеву сітку з розміром гнізд 0,9×0,4 мм, а на неї – тканинну перегородку і три шари піску загальною висотою до 500 мм.

Рідина подається під тиском, рівномірно розподіляється в колекторі, проходить крізь пісок і фільтрується.

При забрудненні виконують регенерацію піску водою, яка переміщується в напрямку, протилежному руху фільтрату. Фільтри працюють без перезарядження (заміни піску) 4–5 місяців.

Конструкція піскового фільтра проста, якість фільтрування висока, але він має низьку продуктивність.

Фільтри-преси різних конструкцій використовують у пивоварному, дріжджовому, олієжировому, виноробному та інших виробництвах.

Рамний фільтр-прес використовується для фільтрування соку, патокових і глюкозних сиропів у цукровому і крохмало-патоковому виробництвах; фільтрування дріжджових суспензій у виноробстві та бродильному виробництві; фільтрування олії в олієжировому виробництві; відділення молочного цукру і білкових згустків після осадження казеїну; відділення дробини від сусла під час фільтрування заторної маси у пивоварному виробництві і ін.

Схема рамного фільтра-преса показана на рисунку 4.72.

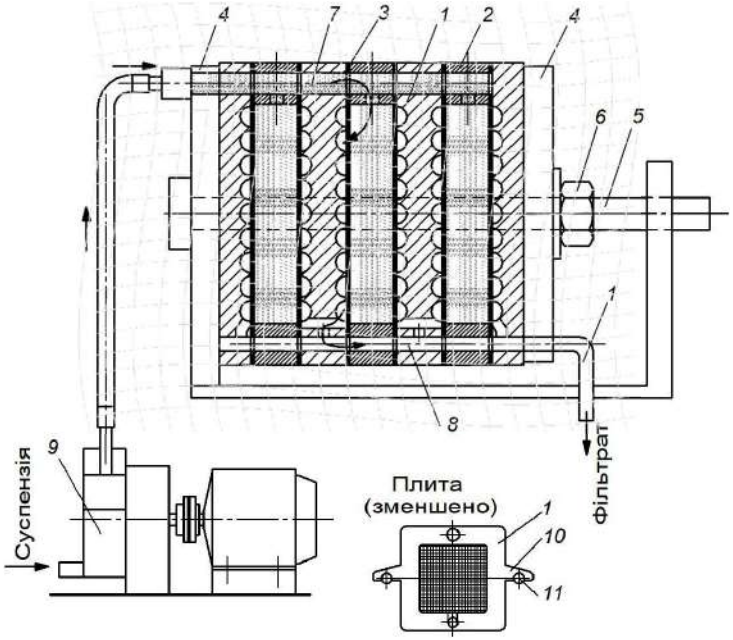


Рисунок 4.73. Рамний фільтр-прес:
1 – плита; 2 – рама; 3 – фільтрувальна перегородка; 4 – плита; 5 – балка; 6 зажимний пристрій; 7 – канал введення суспензії; 8 – канал відведення фільтрату; 9 – насос; 10 – приплив.

Вузол фільтрування складається з рам *1* і плит *2*, які чергуються. Рама в центральній частині порожня, а плита має рифлі. На кожну плиту укладають по обидва боки фільтрувальну перегородку 3. Рами та плити опираються бічними припливами 10 на дві паралельні балки 5, за допомогою гвинтового пристрою 6 притискаються між плитами 4. Краї рам і плит мають гладку поверхню і ущільнюються

фільтрувальною перегородкою. Отвори в рамах, перегородках і плитах утворюють два суцільні канали 7 і 8. У канал 7 насосом 9 подається суспензія.

Суспензія з каналу через отвір потрапляє у середину рами. Фільтрат проходить крізь обидві перегородки, переміщується жолобами у канал 8, і відводиться з апарата. Тверді частинки накопичуються в центральній частині рами. Коли порожній простір рами заповнюється осадом, то подачу суспензії припиняють, а осад промивається водою з метою повного добування з нього необхідних речовин. Після закінчення циклу фільтрування рухома плита відводиться, рами і плити розтягують і вивантажують осад із рам.

Рами фільтрів-пресів виготовляють прямокутної форми різних розмірів, наприклад, 800х800 мм. Кількість рам звичайно в межах 10–60, а поверхня фільтрування від 2 до 140 м^2. Товщина рами – 15–45 мм. Порожнина рами дозволяє використовувати її також для намиву на фільтрувальну перегородку допоміжних фільтрувальних матеріалів, наприклад, діатоміту для тонкого фільтрування виноматеріалів і пива.

Рамні фільтри-преси прості за конструкцією, надійні в роботі, мають велику поверхню фільтрування. Недолік цих фільтрів – труднощі обслуговування і нераціональні втрати часу на допоміжні операції.

Високопродуктивні фільтр-преси оснащені гідравлічними або електромеханічними зажимними пристроями, а також системами автоматичної зміни фільтрувального матеріалу. На фільтрах незначної потужності (до 10 *м^3/год)* найпоширеніші механічні зажимні пристрої.

Фільтри безперервної дії

Фільтри безперервної дії більш ефективні, тому що працюють без витрат часу на допоміжні операції, усі етапи фільтрування можливо автоматизувати.

Стрічковий вакуумний фільтр. Фільтрувальний елемент у цьому фільтрі (рисунок 4.74) – стрічка 3. Вона рухається із дренажною стрічкою (сіткою) 1 між двома барабанами 4 і 5, а в зоні фільтрування – також по столу 2. Стіл з'єднано з вакуумними камерами 7, у ньому є канавки, які збігаються з отворами дренажної стрічки. Стіл також згинає краї стрічки, надаючи її жолобоподібну форму.

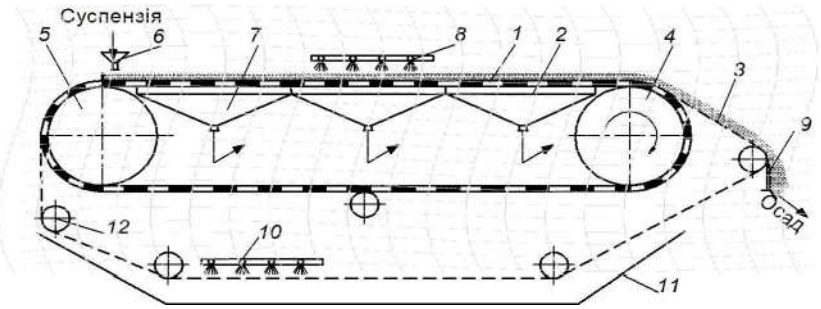


Рисунок 4.74. Стрічковий вакуумний фільтр:
1 – дренажна стрічка; 2 – стіл; 3 – стрічка фільтрувальна;
4, 5 – приводний і натяжний барабани; 6 – патрубок подачі суспензії;
7 – вакуумні камери; 8 – відділення промивання осаду; 9 – ніж;
10 – відділення промивання (регенерації) фільтрувальної стрічки;
11 – корито; 12 – ролики.

Суспензія через патрубок 6 надходить на фільтрувальну стрічку, і проходить усі стадії фільтрування – фільтрування через шар осаду, промивання осаду і відкачування фільтрату. Осад зішкребається зі стрічки ножем 9. Після цього фільтрувальна стрічка надходить у корито 11 для промивання.

Стрічкові вакуумні фільтри використовуються для розділення таких суспензій, які швидко осідають. Тонкий шар осаду дозволяє якісно його промивати.

Недолік такого фільтра – складність регулювання положення стрічки, тому що потрібно щоб отвори стрічки збігалися з канавками стола. Крім цього, стрічкові фільтри займають більші виробничі площі.

Барабанний вакуум-фільтр. Барабанні вакуумні фільтри використовуються у цукровому виробництві, а також для розділення дріжджових та інших суспензій.

Принцип дії барабанний вакуум-фільтра такий. Перфорований барабан частково занурений у суспензію і обертається із невеликою швидкістю (рисунок 4.76). На барабан іноді одягають фільтрувальний матеріал. Усередині барабану створюється знижений тиск, і частинки суспензії затримуються на його стінках у вигляді шару вологого осаду. Під час обертання барабану з осаду забирається волога, після цього осад промивається, і знову забирається волога (стадія висушування). Частково висушений осад знімається з барабану ножем, після цього в барабані створюється підвищений тиск, завдяки чому отвори барабану і пори фільтрувального матеріалу остаточно очищаються від осаду.

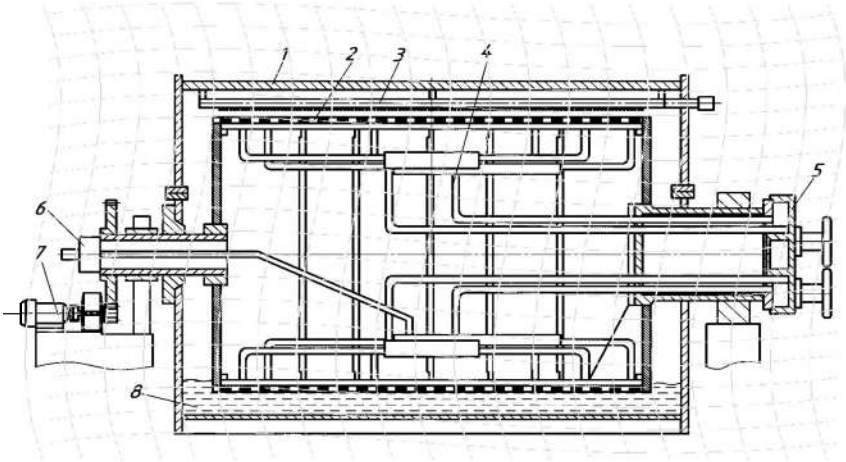


Рисунок 4.75. Барабанний вакуумний фільтр:
1 – корпус; 2 – барабан; 3 – пристрій для промивання осаду (труба з отворами); 4 – система розподільних труб;
5, 6 – розподільні головки; 7 – привід барабану; 8 – корито.

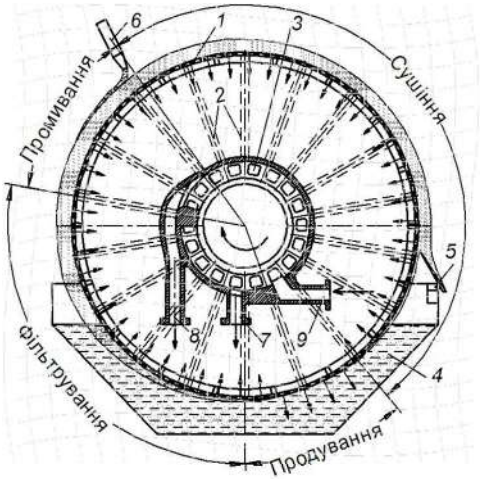


Рисунок 4.76. Схема фільтрування в барабанному вакуум-фільтрі:
1 – барабан; 2 – перегородки; 3 – розподільна головка; 4 – корито;
5 – ніж для зрізання осаду; 6 – пристрій промивання осаду;
7, 8 – труби для відкачування фільтрату і промивної води;
9 – труба для подачі стисненого повітря.

Барабан 2 складається із двох циліндрів: внутрішнього суцільного і зовнішнього перфорованого, який обтягнутий фільтрувальним матеріалом. Простір між циліндрами розділений на секції поздовжніми ребрами. Кожна секція з'єднана розподільними трубами з рухомими дисками розподільних головок 5 і 6.

Розподільні диски підключені до трубопроводів для відведення фільтрату і промивних вод, і для підведення стисненого повітря.

Барабан опирається двома цапфами на підшипники, установлені поза корпусом фільтру. Приводиться в рух від приводу 7, який складається із двигуна, редуктора і зубчастої передачі.

До 35% поверхні барабану занурене в корито із суспензією. Під час обертання барабану отвори рухомого диску послідовно з'єднують секції з патрубками для фільтрату і промивної води.

Кожна секція послідовно проходить зони (рисунок 4.75):

- Фільтрування;
- Промивання;
- Сушіння;
- Зняття осаду
- Продування.

В останній зоні в секцію барабану подають стиснене повітря, осад спушується і знімається із тканини ножем.

У верхній частині корпусу над барабаном розташований ряд труб 6, якими до поверхні барабану подається вода для промивання осаду.

Відфільтрований осад знімає ніж. Якщо шар осаду тонкий – його знімають дротом. Липкі осади знімають валиком.

Якщо на поверхні осаду виникають тріщини – зменшується вакуум і продуктивність фільтра. Тому використовують пристрої для затирання тріщин і промивання осаду через полотно. Для додаткового видалення вологи з осаду використовують віджимні валики і спеціальні вібратори.

Звичайно барабанні вакуум-фільтри мають поверхню фільтрування до 40 м^2, діаметр барабану 1–3 м, довжину від 0,5 до 4 м. Барабан робить від 0,1 до 3 обертів за хвилину.

Для фільтрування колоїдних і легких речовин використовують вакуум-фільтри барабанного типу з намивною, зернистою або волокнистою фільтрувальною поверхнею. Для нанесення цього шару ванну фільтра попередньо заповнюють рідиною з допоміжною

фільтрувальною речовиною. Після включення фільтра в роботу на його поверхню наноситься фільтрувальний шар товщиною 25–50мм. Для видалення осаду служить пересувний ніж з гострим лезом, який знімає разом з осадом дуже тонкий шар намитого шару фільтрувальної перегородки.

Питання для самоперевірки

1. Наведіть приклади процесів механічного розділення.
2. Класифікація обладнання для перероблення сировини та напівфабрикатів розділенням. Наведіть приклади використання обладнання.
3. На що витрачається енергія під час подрібнення. Наведіть різні теорії із визначення енергії подрібнення.
4. Коефіцієнт корисної дії процесу подрібнення.
5. Способи подрібнення (удар, роздавлювання, зсув тошо) та приклади їх застосування.
6. Класифікація способів подрібнення залежно від розміру шматків до і після подрібнення.
7. Групи подрібнювальних машин та приклади їх застосування.
8. Конструкція вальцьового верстату для подрібнення зерна.
9. Конструкція і приклади застосування восьми та пятивалковиих млинів.
10. Конструкція і приклади застосування зубчастої дробарки.
11. Конструкція і приклади застосування молоткової дробарки.
12. Конструкція і приклади застосування колоїдних млинів.
13. Конструкція і приклади застосування штифтових млинів.
14. Обладнання для подрібнення емульсій.
15. Конструкція і приклади застосування клапанного гомогенізатора.
16. Конструкція і приклади застосування роторного відцентрового емульгатора.
17. Конструкція і приклади застосування протиральних машин.
18. Геометричні параметри різального інструменту.
19. Види різання (рубальне, під кутом, ковзальне). У чому полягає різниця між ними? Переваги і недоліки. Приклади застосування.
20. Види ножів та форми леза. Приклади застосування.
21. Конструкція шпигоріального механізму.
22. Конструкція дискової овочерізки.
23. Конструкція хліборізальних машин із пакетом пластинчастих ножів та пакетом стрічкових ножів.
24. Конструкція мясоподрібнювального вовчка. Схема різального комплекту та конструкції різального інструменту.
25. Схема і принцип дії кутера. Режими роботи робочих органів.

26. Принцип розділення зернової суміші за швидкістю витання частинок.
27. Схема повітряного сепаратора. Приклади застосування.
28. Схема пневматичний сепаратор. Приклади застосування.
29. Схема ситовий сепаратора із плоскими ситами.
30. Приклади обладнання для сортування проміжних продуктів розмелу зерна за розміром, сортування зерна круп'яних культур на фракції перед лущенням, сортування продуктів лущення.
31. Конструкція розсівів.
32. Конструкція скальператора.
33. Конструкція пірамідального бурату.
34. Конструкція і принцип роботи циліндричного і дискового трієрів. Приклади застосування.
35. Призначення, конструкція і принцип роботи паді-машини.
36. Вібропневматичний спосіб розділення зернової суміші.
37. Конструкція і принцип дії вібропневмосепаратора на прикладі каменевідділювальної машини.
38. Конструкції і приклади застосування магнітних сепараторів для віддлення металевих домішок.
39. Приклади застосування процесу пресування у харчовій галузі.
40. Основні фактори, що впливають на процес пресування.
41. Конструкція гвинтового пресу.
42. Конструкція шнекового пресу пресу.
43. Конструкція вальцьового пресу.
44. Конструкція гідравлічного пресу.
45. Типи неоднорідних систем. Наведіть приклади для кожного типу.
46. Конструкція відстійника періодичної дії.
47. Конструкція відстійника напівбезперервної дії для двофазних систем.
48. Конструкція відстійника напівбезперервної дії для трифазних систем.
49. Конструкція відстійника безперервної дії зі шкребками.
50. Конструкція багатоярусного відстійника безперервної дії.
51. Визначення продуктивності відстійників.
52. Види центрифуг. Приклади застосування.
53. Конструкція триколонної фільтрувальної центрифуги.

54. Конструкція саморозвантажувальної підвісної центрифуги.
55. Конструкція самовивантажувальної центрифуги зі шнековим вивантаженням осаду.
56. Конструкція фільтрувальної центрифуги з пульсувальним вивантаженням осаду.
57. Конструкція фільтрувальної центрифуги з відцентровим вивантаженням осаду.
58. Класифікація сепараторів для розділення неоднорідних рідинних систем.
59. Схема сепаратора-роздільника.
60. Схема сепаратора-освітлювача безперервної дії.
61. Схема сепаратора-освітлювача пульсувальної дії.
62. Чим відрізняються тарілки у сепараторах розділювачах та освітлювачах?
63. Від чого залежить вибір зазору між тарілками сепаратора?
64. Конструкція гідроциклону і циклону.
65. Від чого залежить продуктивність фільтрування?
66. Конструкції та приклади застосування фільтрів періодичної дії.
67. Конструкції та приклади застосування листового, патронного, пісочного, рамного фільтр-пресу.
68. Конструкції та приклади застосування фільтрів стрічкового вакуумного та барабанного фільтрів безперервної дії.

Розділ 5

Технологічне обладнання для механічної переробки сировини та напівфабрикатів з'єднанням

До механічного перероблення сировини та напівфабрикатів з'єднанням відносяться змішувачі різних типів, місильні та збивальні машини та інше обладнання. Процеси, які відбуваються у цьому обладнанні, значно впливають на ефективність наступних процесів і формують якість готового продукту.

Механічне перероблення сировини та напівфабрикатів з'єднанням відбувається шляхом змішування компонентів, які входять до складу суміші.

Змішування – механічний процес рівномірного розподілу окремих компонентів у об'ємі суміші з утворенням однорідної структури.

Ефективність змішування оцінюють таким показником, як однорідність отриманої суміші. Для кількісної оцінки застосовують коефіцієнт неоднорідності.

Коефіцієнт неоднорідності суміші – це відношення вмісту основного компоненту до його середньої масової частки в суміші:

$$K = 100 \cdot \frac{\sigma}{C}$$

де σ – середнє квадратичне відхилення вмісту основного компоненту,%; C – середня масова частка основного компоненту в суміші,%.

Чим менше K, тим рівномірніша суміш. Для $K<10$% ефективність суміші вважається якісною.

Змішування складається із трьох елементарних процесів:

- Конвективне змішування – переміщення груп частинок з одного об'єму суміші в інший;
- Дифузійне змішування – поступове переміщення частинок різних компонентів через нові утворені межі їх розподілу;
- Сегрегація – скупчення близьких за формою, масою і розмірами часточок у різних зонах змішувача;

Перші два процеси сприяють рівномірному розподілу часточок у суміші, останній гальмує його. Тому доцільно припиняти процес наприкінці другого етапу змішування.

5.1. Класифікація

Технологічне обладнання для механічної переробки сировини та напівфабрикатів з'єднанням класифікується за такими ознаками:

За фізичним станом середовища, яке змішується:

- Обладнання для отримання тістоподібних напівфабрикатів;
- Змішувачі для сипких матеріалів;
- Змішувачі рідин.

За ритмом роботи: змішувачі періодичної та безперервної дії;

За конструкцією робочих органів: лопатеві, якірні, рамні, пропелерні, турбінні, шнекові, стрічкові, барабанні та інші;

За принципом дії: механічні, пневматичні, інжекторні та циркуляційні.

5.2. Машини для приготування тістоподібних харчових мас

До тістоподібних харчових мас відносяться:

- Хлібне тісто;
- М'ясні та рибні фарші;
- Кондитерські маси;
- Сирні маси;
- Різноманітні каші та маси з подрібнених овочів і фруктів.

Окремо розглянемо **процес замішування пшеничного тіста.**

Режим замішування тіста залежить від властивостей борошна, рецептури, технологічних особливостей асортименту і конструкції тістомісильної машини. Під час замішування відбувається насичення тіста повітрям.

На відміну від процесу простого змішування, замішування тіста супроводжується зміною структури матеріалу

Розрізняють **три стадії утворення тіста**:

- **Змішування** сухих і рідких компонентів – необхідно проводити якнайшвидше.
- **Власне замішування** – супроводжується дифузією вологи борошняних часточок, набряканням білків. Під час набрякання більшу частину вологи поглинають білкові речовини, які утворюють гель. На швидкість замісу впливають властивості борошна, ступінь подрібнення крохмальних зерен, температура і рецептурні домішки. Поглинаючи вологу, білки збільшуються в об'ємі, створюючи клейковинну решітку.
- **Пластифікація** – супроводжується структурними змінами крохмальних зерен і створенням клейковинної решітки, яка охоплює крохмальні зерна. Останні частково подрібнюються, молекули поліпептидів розколюються і розпушують структуру білків, створюючи клейковинні плівки. Ці з'єднання утворюються в поліпептидах за рахунок водневих і гідрофобних зв'язків. Пластифікація вимагає посиленого механічного впливу.

За структурою робочого циклу машини для змішування тістоподібних мас поділяються на машини періодичної та безперервної дії.

5.2.1. Змішувальні машина періодичної дії

Тістомісильні машини періодичної дії бувають із підкатними та стаціонарними діжами.

Тістомісильні машини періодичної дії з підкатними діжами (рисунок 5.1) використовуються на хлібозаводах як малої, так і великої потужності, і призначені для замісу опари та тіста із пшеничного і житнього борошна в підкатних діжах. Об'єм діжі зазвичай складає 100-400 л.

Машина складається зі станини *1*, закріпленої на фундаментній плиті *2*. Усередині станини розташований електродвигун *3,* а зовні – черв'ячний вал *5*, який служить для обертання підкатної діжі *10*. Діжа змонтована на триколісній каретці *7*, що закочується на фундаментну плиту і закріплюється на ній за допомогою опори та спеціального фіксатора *8*. При цьому наявний на діжі зубчастий вінець *9* входить у

зачеплення із черв'ячним валом *5*. Діжа закривається кришкою *6*. Зверху на станині розташований черв'ячний редуктор *13*, що приводиться в рух від електродвигуна через клинопасову передачу *11* і фрикційну муфту *12.* Місильний важіль *4* на нижньому кінці має лопасть, яка здійснює заміс тіста в діжі.

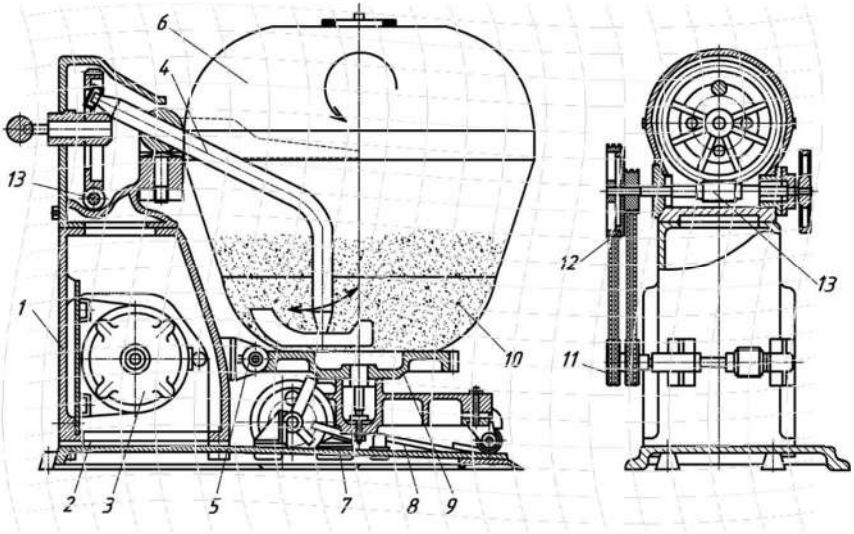


Рисунок 5.1. Тістомісильна машина періодичної дії з підкатною діжою

Верхній кінець місильного важеля за допомогою підшипника шарнірно з'єднаний з колесом черв'ячного редуктора і завдяки проміжній кульовій опорі здійснює поступальний круговий рух. Аналогічний рух здійснює і місильна лопать.

Машина із двома місильними валами

У виробництві борошняних кондитерських виробів, у шоколадному та інших виробництвах застосовуються машини із двома місильними валами та S-подібними лопатями.

Машини такого типу з одним або двома валами зазвичай називають роторними змішувачами.

Корита змішувачів можуть мати сорочку для нагрівання або охолодження продукту. Об'єм корит змінюється у широких межах: від 1 дм^3 у лабораторних змішувачів до 10 м^3 у промислових.

Залежно від технологічного призначення і фізико-хімічних властивостей продуктів, які перемішуються, лопаті можуть мати різну конструкцію (*рисунок* 5.2*)*.

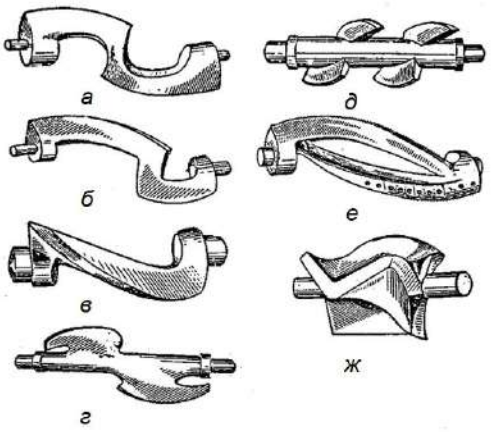


Рисунок 5.2. Лопаті роторних змішувачів:
а і б – для пастоподібних продуктів;
в – для консистентних мас;
г – для висококонсистентних мас у невеликій кількості;
д – для висококонсистентних мас у більших кількостях;
е – для змішування і гомогенізації волокнистих тістоподібних матеріалів;
ж – для особливо пружних консистентних мас

Розглянемо тістомісильну машину ТМ-63М із двома місильними S-подібними лопатями (*рисунок* 5.3), яка призначена для замісу спеціального крутого тіста для бубличних і деяких борошняних кондитерських виробів. Машина відноситься до тихохідних машин, які періодично здійснюють посилений механічний вплив на окремі порції тіста.

Машина складається з місильної камери *7*, виконаної у вигляді двох з'єднаних напівциліндричних днищ із нарощеними боковими стінками. На торцевих стінках місильної камери в цапфах закріплені підшипники місильних лопатей *6*.

Підшипник передньої місильної лопаті опирається через корпус і цапфу на станину *2* тістомісильної машини. Цапфи другого вала вільно опираються на станину. Зверху місильна камера закрита кришкою *3* із

відкидними дверцятами *5*. У кришку вмонтовані патрубки *4* для завантаження борошна і рідких компонентів. Вали місильних лопатей отримують рух від електродвигуна *13* за допомогою клинопасової *12*, ланцюгової *10* і зубчастих передач *8 і 9*.

Коли процес замішування закінчився, привід відключають і включають механізм повороту діжі.

Тісто під дією власної ваги вивантажується у тістоспуск або на транспортер.

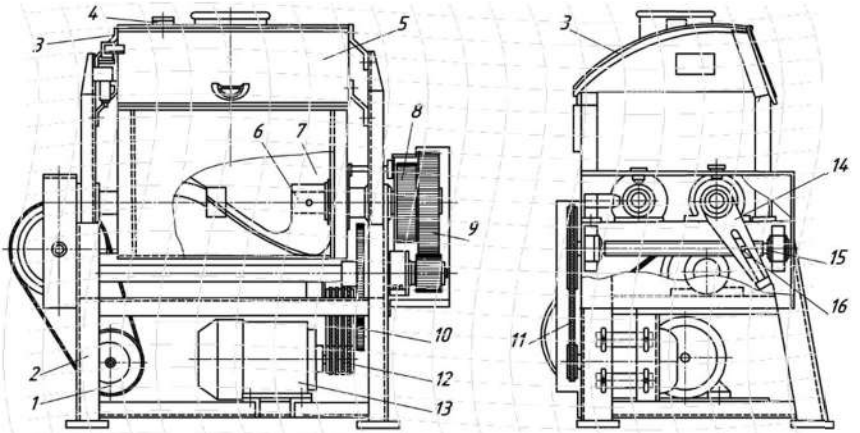


Рисунок 5.3. Тістомісильна машина із двома S-подібними лопатями:
1 – двигун; 2 –станина; 3 – кришка; 4 – патрубки подачі сировини; 5 – дверцята; 6 – місильні лопаті; 7 – місильна камера; 8,9 – зубчасті передачі;10 – ланцюгова передача; 11 – клинопасова передача; 12 – шків; 13 – електродвигун; 14 – важіль; 15 – вал; 16 – повзун.

Тістомісильна машина зі спіральним робочим органом

Відноситься до високоінтенсивних машин, місильний орган яких виконаний у вигляді спіралі (*рисунок* 5.4). Діжа *1* і місильний орган *2* обертаються одночасно. Діжа може бути підкатною або стаціонарною. У першому випадку передбачені піднімання і опускання місильного органу з метою підкочування діжі, у другому випадку в діжі установлюють окремі пристрої *7* і *8* для вивантаження замішаного тіста на транспортер.

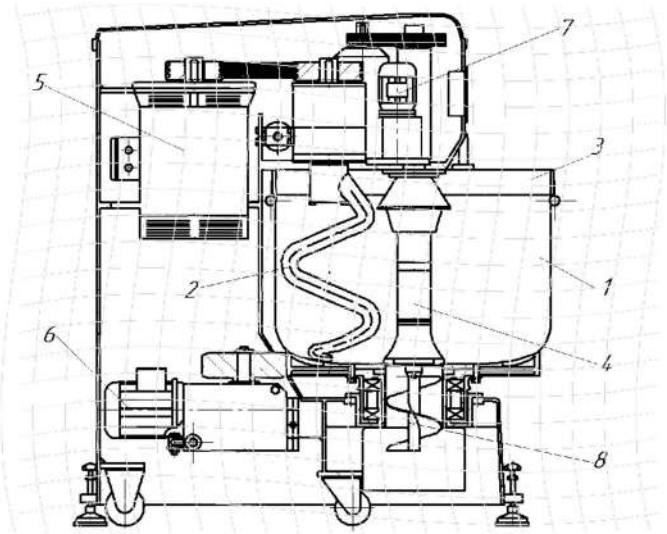


Рисунок 5.4. Тістомісильна машина зі спіральним робочим органом:
1 – діжа; 2 – місильний орган; 3 – кришка діжі; 4 – циліндрична вставка;
5 – привод місильного органа; 6 – привод діжі;
7 – механізм підйому вставки, 8 – механізм вивантаження тіста.

Завдяки конструкції місильного органу забезпечується інтенсивне замішування тіста в горизонтальному і вертикальному напрямках, відбувається самоочищення поверхні діжі, усувається розпилення та розбризкування вхідних продуктів під час замішування, що збільшує коефіцієнт заповнення діжі, знижує нераціональні втрати потужності та поліпшує санітарні умови роботи.

Іноді в діжі або під кришкою *3* машини встановлюються гальмівні лопаті, які забезпечують інтенсивний процес замішування тіста, а також циліндричні вставки *4* для уникнення застійних зон.

Режим замішування в таких машинах передбачає різні швидкості обертання діжі та робочого органу в процесі замішування.

Під час першої стадії замішування відбувається якісне перемішування вихідних продуктів.

Друга стадія, у якій рецептурні компоненти тіста проникають у борошно, може проходити в умовах спокою або незначного механічного впливу на структуру тіста.

Третя стадія – пластифікація, передбачає інтенсивний механічний вплив на тісто, для утворення якісного клейковинного каркасу тіста, що сприяє його подальшому формоутворенню.

5.2.2. Змішувальні машини безперервної дії

У змішувачах безперервної дії пластичний продукт не тільки перемішується, але і переміщується уздовж ємності (корита), а завантаження компонентів і вихід готової продукції відбувається безперервно.

Лопатеві змішувачі безперервної дії мають вигляд корита із горизонтальним валом, на якому закріплені за гвинтовою лінією радіальні лопаті.

Поворот лопатей щодо осі обертання забезпечує переміщення продукту уздовж корита. Можлива конструкція змішувачів із двома горизонтальними валами, які обертаються назустріч один одному з різними швидкостями, один вал передає продукт іншому, який обертається з більшою швидкістю та повертає матерал першому. У результаті досягається інтенсивне замішування.

Розглянемо **горизонтальну тістомісильну машину безперевної** *(рисунок* 5.5*)*. Це тихохідна однокамерна машина, яка призначена для замішування пшеничного і житнього тіста.

Машина складається з напівциліндричного місильного корита *5*, у центрі якого розташований місильний вал *4* з лопатями *3.* Зверху корито закривається відкидною кришкою. Борошно подається в машину через прямокутний патрубок *1*, який оснащений двома датчиками рівня *7*.

Дозується борошно роторним живильником, який приводиться в рух від головного вала через кривошипно-шатунний механізм *10* і клиноподібний фрикційний храповик *9*. Над живильником установлений зворушувач *5*, який здійснює коливальний рух. Для спостереження за роботою дозатора борошна служить вікно *2.* Тісто виходить з машини через патрубок *6.* Привід машини здійснюється від електродвигуна *13* через редуктор *12* і зубчасту передачу *11.* На передній панелі розташовані чотири коливальні кранові дозатори рідких компонентів.

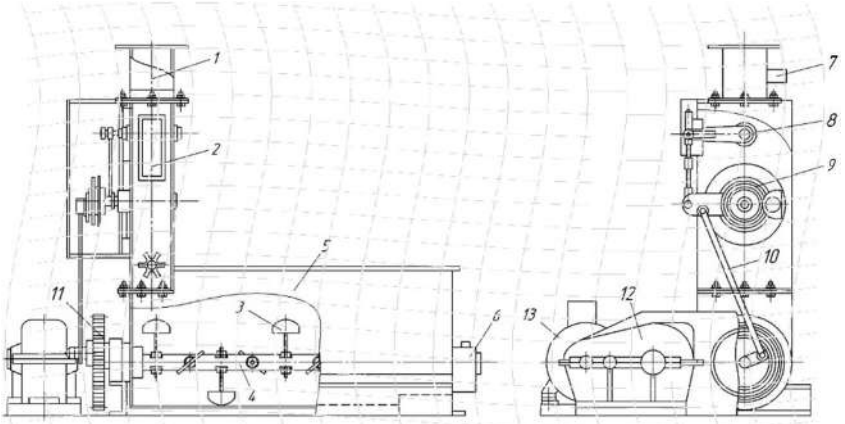


Рисунок 5.5. Горизонтальна тістомісильна машина безперервної дії:
1 – патрубок подачі борошна ; 2 – роторний дозатор борошна;
3 – лопаті; 4 – місильний вал; 5 – місильне корито; 6 – вихідний патрубок;
7 – датчик рівня борошна; 8 – привод зворушувача;
9 – храповий механізм; 10 – кривошипно-шатунний механізм;
11 – зубчаста передача; 12 – редуктор; 13 – двигун.

Усі компоненти подаються дозаторами в малих дозах безперервно у передню частину корита, відділену порогом, змішуються похилими лопатями *3* та проштовхуються уздовж корита. У міру просування маси до патрубка *6* вона перемішується і пластифікується.

Шнекові та гвинтові змішувачі безперервної дії застосовуються для перемішування великої кількості висококонсистентних тістоподібних продуктів.

Робочими органами є стрічкові шнеки або суцільні гвинти, які обертаються на горизонтальних валах.

Відомі змішувачі, що мають вал із переривчастою гвинтовою спіраллю (черв'яком) і корпус, на внутрішній поверхні якого закріплені нерухомі лопаті. Коли вал обертається, матеріал притискається до нерухомих лопатей, завдяки чому відбувається розтирання і розподіл компонентів у суміші.

Відомі конструкції гвинтових змішувачів із двома черв'яками, витки яких заходять один в інший, та обертаються в одному

напрямку. Обертаючись, черв'яки зчищають прилиплий матеріал, забезпечують інтенсивне перемішування і переміщення маси.

Черв'яки гвинтових змішувачів можуть бути з правою або лівою нарізкою (*рисунок 5.6 а*), з ексцентриковими кулачками *б*, лінзоподібними *в* і тригранними кулачками *г*.

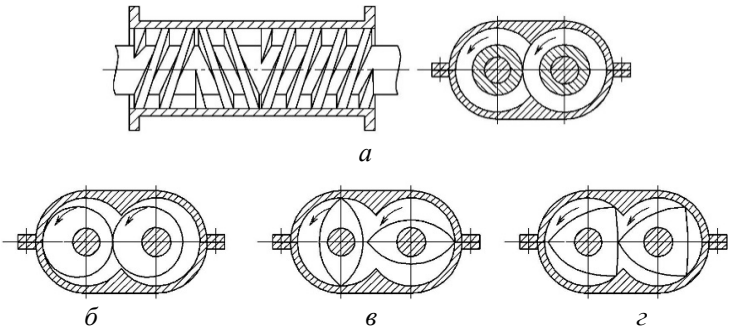


Рисунок 5.6. Робочі органи гвинтових змішувачів:
а – із правим і лівим різьбленням; б – з ексцентриковими кулачками;
в – з лінзоподібними кулачками; г – із тригранними кулачками.

Тістомісильна машина безперервної дії для приготування цукрового тіста (*рисунок 5.7*). Машина складається з камери попереднього змішування, камери остаточного замішування і приводу.

У патрубок камери попереднього змішування з дозатора подається борошно та одночасно подається емульсія. Борошно й емульсія змішуються лопатями, встановленими на горизонтальному валу. Лопаті встановлені під кутом 35-45° до осі валу та розміщені на валу під кутом 90° одна до одної.

З камери попереднього змішування маса надходить у вертикальний патрубок і шнеком подається в камеру остаточного замішування, де інтенсивно перемішується лопатями.

Корпус другої місильної камери оснащений водяною сорочкою, яка розділена на дві зони, що дозволяє створити різні температурні режими замішування.

Готове тісто виходить із робочої камери через отвір, що має шибер. Зміною перерізу вихідного отвору можна регулювати інтенсивність замішування тіста.

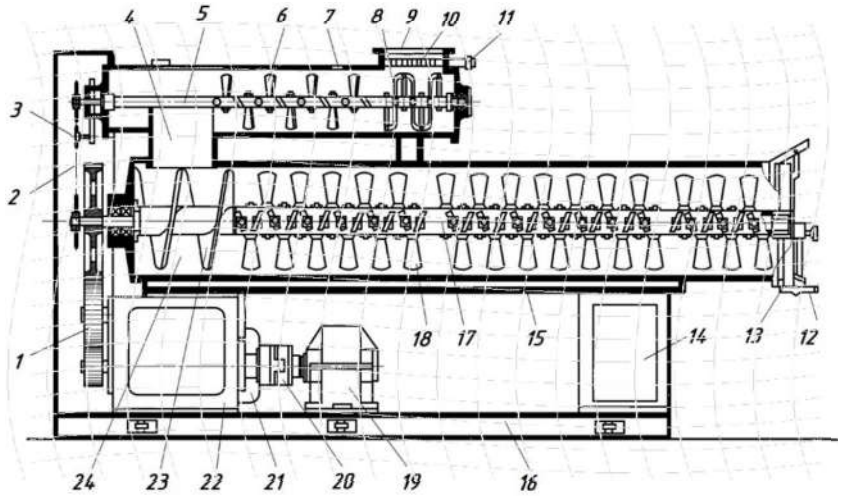


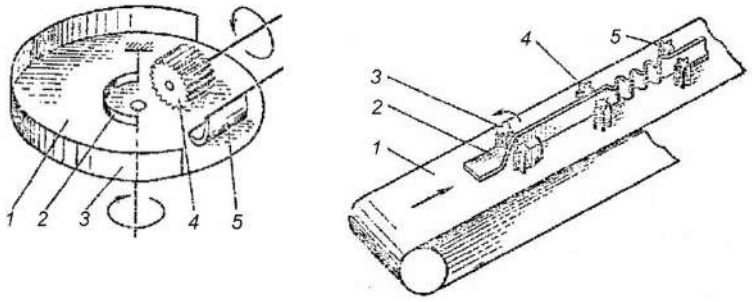
Рисунок 5.7. Тістомісильна машина безперервної дії для приготування цукрового тіста:

1 – зубчаста передача; 2 – ланцюгова передача; 3 – натяжна зірочка; 4 –перевантажувальний патрубок; 5 – вал; 6 – лопать; 7 – камера попереднього змішування; 8 – шнек; 9 – завантажувальний патрубок; 10, 11 – штуцер і труба для подачі емульсії; 12 – рукоятка регулювання шибера; 13 – шибер вихідного отвору; 14, 22 – стійки; 15 – водяна сорочка; 16 – фундаментна плита; 17 – місильний вал; 18 – лопать; 19 – редуктор; 20 – муфта; 21 – електродвигун; 23 – шнек; 24 – корпус місильної камери.

Проминальні та тягнульні машини призначені для змішування карамельної маси з барвниками та ароматичними речовинами, та видавлювання з маси великих повітряних включень. Одночасно відбувається насичення карамельної маси повітрям.

Проминальна машина встановлюється в лінії, яка виробляє прозору карамель. Проминальні машини можуть бути періодичної та безперервної дії.

Проминальна машина періодичної дії (*рисунок 5.8а*) складається з обертального столу *3*, проминального ролика, перекидача і приводу. У рух приводяться горизонтальний стіл і рифлений проминальний ролик.



а *б*

Рисунок 5.8. Машини для проминання карамельної маси:
а – проминальна машина періодичної дії:
1 –- обертовий стіл; 2 – напрямна планка;3 – обмежувальна поверхня; 4 – проминальний ролик; 5 – перекидач.
б – проминальна машина (транспортер) безперервної дії:
1 – стрічка транспортера; 2 – смуга карамельної маси;
3, 4, 5 – проминальні рифлені валки.

Ролик розташований над столом і його положення можна регулювати. Над столом розташований перекидач і напрямна планка. Порцію карамельної маси (18-20 кг) викладають на стіл, що подає її під ролик.

Ролик своєю рифленою поверхнею проминає масу, яка у вигляді шару подається в перекидач, який має форму плуга. Він перевертає нижню, більш холодну сторону шару, нагору та складає її вдвічі. Закручений шар сповзає з перекидача та подається знову під проминальний ролик.

Для охолодження маси стіл і перекидач оснащені водяними сорочками.

Для безперервної роботи застосовується проминальный транспортер (*рисунок 5.8б)*. Він складається зі стрічкового транспортера, трьох пар проминальних роликів і приводу. Транспортер подає стрічку карамельної маси до першої пари валків, розташованих над ним. Колова швидкість кінця рифлів дорівнює швидкості транспортера. Горизонтальна стрічка карамельної маси прокочується у вертикальну стрічку товщиною 19 мм, яка надходить до другої пари рифлених валків.

Колова швидкість кінців рифлів на 10% більша швидкості транспортера. Самі рифлі більші, ніж у попередніх валків, тому відбувається достатній зсув шарів під час проходження стрічки між ними, навіть якщо перетин стрічки незмінний.

Потім стрічка потрапляє на третю пару валків. Швидкість кінця їх рифлів на 22% нижча швидкості транспортера. Карамельна стрічка на шляху від других валків до третіх складається гармошкою. Останні валки роблять кінцеве проминання карамельної маси.

Чим більший зсув шарів при проходженні між валками, тим досконаліше перемішування. Цей зсув залежить від відносної швидкості руху шарів у просторі між рифлями.

5.3. Обладнання для перемішування компонентів із метою одержання рідких напівфабрикатів, емульсій та піни

Це обладнання широко застосовується в хлібопекарській, кондитерській, макаронній, пивоварній та інших галузях харчової промисловості.

Рідкі харчові продукти перемішуються механічно та іншими методами, наприклад, у трубопроводах, циркуляцією або стисненим повітрям.

Перемішування в трубопроводах. Під час перемішування в трубопроводах найбільш простим пристроєм є V-подібне з'єднання двох труб, у кожній з яких тече рідина. Перемішування інтенсифікується зі встановленням турбулізувальних вставок.

Можливе використання інжекторів, у яких продукти перемішуються шляхом підсмоктування рідини струменем, що витікає із сопла.

Ефективність перемішування в інжекторних змішувачах підвищується із застосуванням спіральних насадок (*рисунок5.9*)**.**

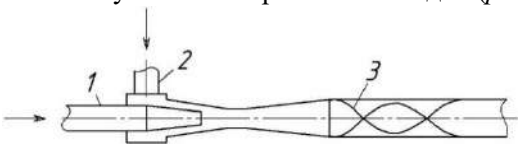


Рисунок 5.9. Схема інжекторного змішувача:
1 – сопло; 2 – патрубок подачі компонента суміші;
3 – спіральні насадки.

Таким способом змішуються малов'язкі рідини, які добре змішуються між собою.

Циркуляційне перемішування. Циркуляційне перемішування виконують шляхом багаторазового переміщення рідини в посудині з утворенням турбулентного потоку. Можливі різні методи циркуляційного перемішування (*рисунок 5.10 а, б)*.

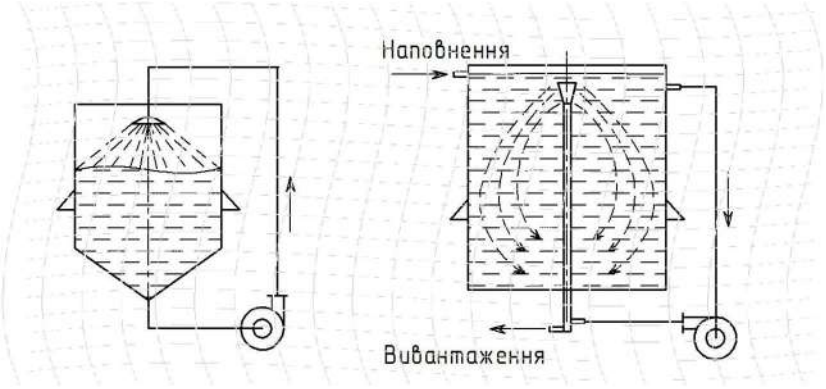


Рисунок 5.10. Схеми циркуляційного змішування харчових продуктів

При циркуляційному перемішуванні доцільне застосування сопла, яке створює в посудині інтенсивний потік рідини (*рисунок 5.10 б)*.

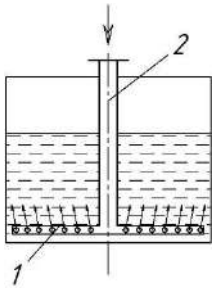


Рисунок 5.11. Схема пневматичного змішувача:
1 – барботер (трубки з отвором);
2 – пустотілий вал.

Пневматичне перемішування. Використання стисненого повітря є найбільш ефективним для перемішування рідини у великих об'ємах, коли аерація або окиснення рідини є необхідними або можливими складовими частинами технологічного процесу.

Пневматичне перемішування здійснюється за допомогою трубок з отворами – барботерів (*рисунок 5.11*), які розташовані у вертикальному або горизонтальному положенні, щоб забезпечити найбільш довгий шлях руху пухирців повітря в рідині.

Недолік пневматичного перемішування – можливість застосування тільки для рідин з малою в'язкістю ($\mu < 0{,}2$ Па·с).

Можливе поєднання пневматичного і механічного перемішування в одному апараті.

Механічні змішувальні пристрої. Найбільшого поширення для перемішування рідких харчових продуктів одержали пристрої, які містять у собі вал з мішалкою (робочим органом) і привід.

Мішалки класифікуються за:

- Швидкістю обертання;
- Характеру створюваного потоку рідини;
- Конструкцією.

За ознакою швидкості мішалки діляться на:

- Тихохідні (якірні, рамні) – у цих мішалках колова швидкість на зовнішньому діаметрі лопаті не перевищує 1 м/с;
- Швидкохідні (лопатеві, турбінні, пропелерні) – колова швидкість становить більш 3 м/с.

Залежно від створюваного потоку мішалки можуть бути з тангенціальним, радіальним, осьовим і змішаним потоком рідини (рисунок 5.12).

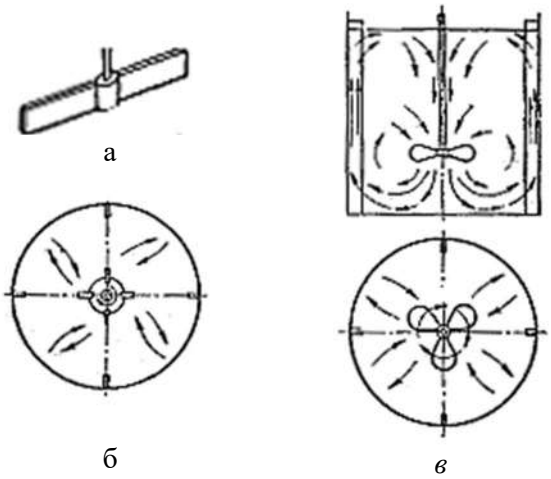


Рисунок 5.12. Види руху рідин в мішалках

Під час *тангенціального потоку* (*рисунок* 5.12а) рідина в посудині рухається відповідно до траєкторії руху мішалки. Перемішування рідини уздовж осі мінімальне. Перемішування відбувається внаслідок завихрень, які виникають по контуру лопатей. Якість перемішування невисока. Тангенціальний потік властивий лопатевим мішалкам із прямими лопатями при малому числі обертів, при яких не виникають радіальні потоки, викликані відцентрової силою.

Під час *радіального потоку* (*рисунок* 5.12б*)* рідина в посудині рухається в радіальному напрямку. Для забезпечення радіального потоку рідини необхідно, щоб відцентрова сила була більша опору навколишньої рідини. Відцентрова сила, що створюється мішалкою, залежить від діаметра мішалки та швидкості обертання.

До мішалок, що створюють радіальний потік рідини, відносяться турбінні мішалки зі статором.

Під час *осьового (аксіального)* потоку (*рисунок 5.12в)* рідина в посудині рухається паралельно осі обертання. Це властиво пропелерним мішалкам.

У більшості мішалок існує *змішаний* рух рідини, який є результатом змішування декількох зазначених вище типів потоків. Змішаний потік створюють лопатеві мішалки з похилими лопатями (тангенціальний і осьовий потік), турбінні мішалки з нахиленими лопатями (радіальний і осьовий потоки).

Характер руху рідини в ємності (тангенціальний, радіальний, аксіальний) визначається величиною:

$$q = \frac{\omega_\rho}{\omega}$$

де ω_ρ – кутова швидкість рідини в ємності, рад/с; ω – кутова швидкість мішалки, рад/с.

Якщо q = 1, то – потік повністю тангенціальний; якщо q = 0 – радіальний.

Залежно від конструкції, механічної мішалки для перемішування рідких харчових продуктів діляться на лопатеві, пропелерні, турбінні, шнекові та спеціальні.

Лопатеві мішалки (*таблиця* 5.1). Ці мішалки є пристроями для змішування з лопатями прямокутного перетину, перпендикулярними або нахиленими до осі обертання.

Кількість лопатей може бути від 3 до 6. Лопаті можуть розміщуватися перпендикулярно осі обертання, або під кутом до неї.

Під час перемішування рідини в глибоких посудинах для збільшення турбулентності на валу встановлюється кілька рядів лопатей. Залежно від в'язкості рідини відстань між рядами вибирається від 0,3 до 0,8 діаметру посудини.

На стінках посудин змішувальних машин установлюють гальмівні перегородки, які сприяють підвищенню турбулентності.

Для змішування високов'язких продуктів, а також продуктів, які прилипають і створюють осад на днищі та стінках апарату, використовують якірні (лопать має форму якоря) і рамні мішалки. У рамних мішалках лопаті виготовлені у вигляді звареної конструкції – рами, яка повторює форму стінок посудини; на рамі додатково закріплюють горизонтальні та вертикальні лопаті для інтенсифікації перемішування.

Недоліком лопатевих мішалок є незначне осьове переміщення рідини.

Планетарні мішалки застосовують для інтенсивного перемішування рідких харчових продуктів у посудинах великого об'єму. Їх робочі органі ексцентрично розташовані в посудині та приводяться в дію планетарним механізмом. При цьому лопаті створюють подвійний рух (планетарний).

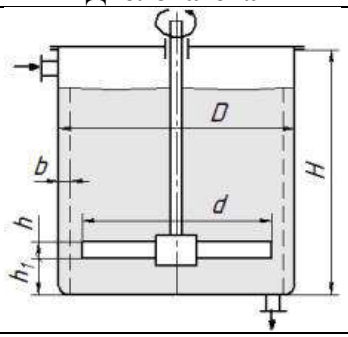
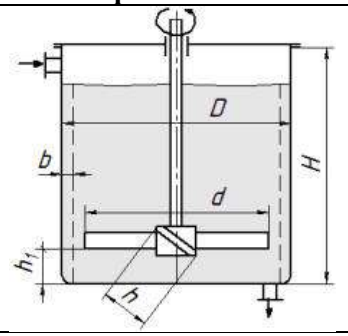
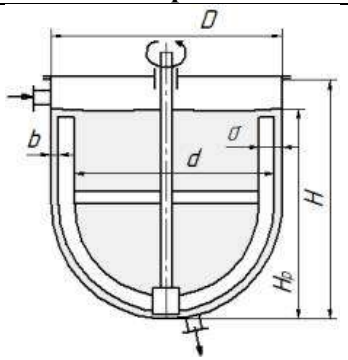
Планетарні мішалки широко застосовуються для перемішування паст, кремів, суспензій, готування емульсій тощо.

Приведемо конструкції мішалок для змішування рідких компонентів і одержання розчинів, які застосовуються в кондитерській і хлібопекарській промисловості.

Апарат для розчинення цукру застосовується для розчинення цукру і дріжджів. Він складається з бака циліндричної форми. У середині бака розміщений вертикальний вал, на нижньому кінці якого закріплена двостороння лопать, що обертається зі швидкістю 48 об/хв. Завантаження цукру та подача води відбувається через верхню кришку. Виведення готового розчину – через кран і фільтр.

Таблиця 5.1

Типи лопатевих мішалок

Тип мішалки	Співвідношення розмірів	Сфера використання
Дволопатева 	$\frac{d}{D}=0.5-0.7$ $\frac{h_1}{d}=0.15-0.2$ $\frac{h}{d}=0.1-0.3$ $\frac{b}{D}=0.08$	Перемішування рідин з в'язкістю < *15* Па·с і розчинення твердих часток. V=1.5-3 м/с
Четирьохлопатева 	$\frac{d}{D}=0.2-0.4$ $\frac{h_1}{d}=0.2-0.4$ $\frac{h_1}{d}=0.4-0.8$ $\frac{b}{D}=0.08$	Перемішування рідин середньої в'язкості та розчинення твердих часток. V=1.5–3 м/с
Якірна 	$\frac{Hp}{H}=0.75-0.85$ $\frac{h}{H}=0.56$ $\frac{b}{d}=0.07$ $\sigma=25-40$	Перемішування густих рідин в апаратах з теплообмінними сорочками, очищення стінок апарата від осаду, захист пристінного шару рідини від перегрівання μ< 20 Па·с V < 0.5–2 м/с

Апарат для розчинення жиру (*рисунок 5.13*) призначений для розплавлення жирів. Складається зі станини і циліндричної посудини з конічним днищем. Посудина оснащена теплообмінною сорочкою і пропелерною мішалкою, яка закріплена на вертикальному валу. Привід мішалки закріплений на кришці посудини. У нижній частині посудини встановлені патрубки зливу розтопленого жиру і води з теплообмінної сорочки.

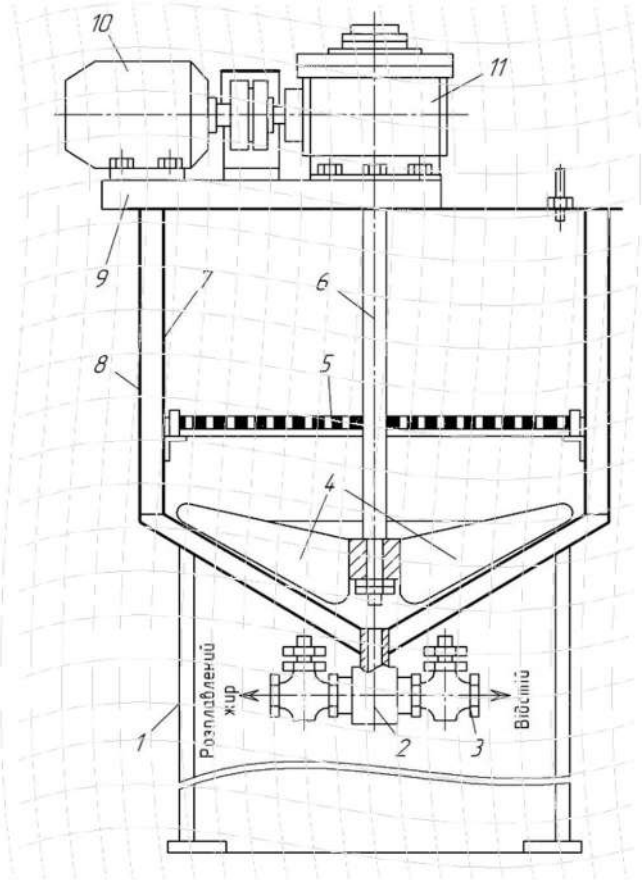


Рисунок 5.13. Апарат для розчинення жиру:
1 – станина; 2 – вихідний патрубок; 3 – вентиль; 4 – лопаті;
5 – знімні решітки; 6 – вертикальний вал; 7 – циліндрична посудина;
8 – теплообмінна сорочка; 9 – рама приводу;
10 – електродвигун; 11 – редуктор.

Жир у змішувач подається порціями, розтоплюється і проходить через сітчастий фільтр.

Аналогічний за конструкцією змішувач, але без теплообмінної сорочки, використовується для розчинення цукру та дріжджів.

Для приготування емульсій використовується г**оризонтальний лопатевий змішувач-емульсатор** (*рисунок 5.14*), виконаний у вигляді циліндра із горизонтальним валом. На валу закріплено дві перемішувальні лопаті Т-подібної форми та чотири – прямокутної. Усі вони повернені до осі валу на 30-40°. У циліндрі є патрубок для завантаження сировини та оглядовий люк. Для підтримування необхідної температури суміші циліндр обладнаний водяною сорочкою.

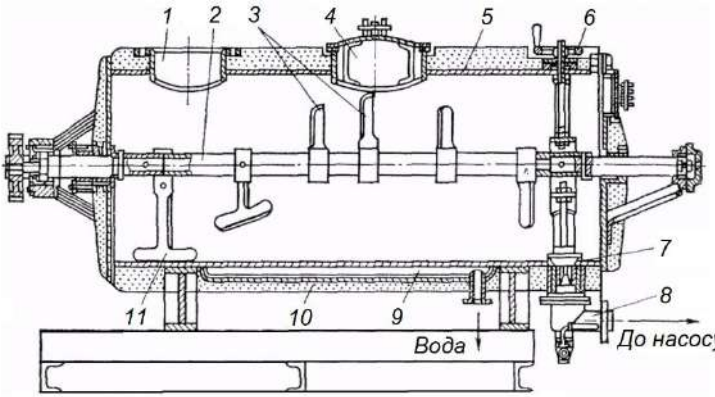


Рисунок 5.14. Горизонтальний лопатевий змішувач-емульсатор:
1 – завантажувальний люк; 2 – горизонтальний вал;
3 – плоскі лопаті; 4 – оглядовий люк; 5 – циліндрична камера;
6 – гвинтовий привод клапана; 7 – конічний випускний клапан;
8 – зливальний патрубок; 9 – водяна сорочка;
10 – теплоізоляція; 11 – Т-подібна лопать.

Кремозбивальна машина – приклад конструкції планетарної мішалки періодичної дії з вертикальною віссю обертання (*рисунок 5.15*) збивального органа. Машина застосовується для збивання вершків, яєць, кремів та інших кондитерських мас, а також для замісу цукрових сортів тіста і бісквіту.

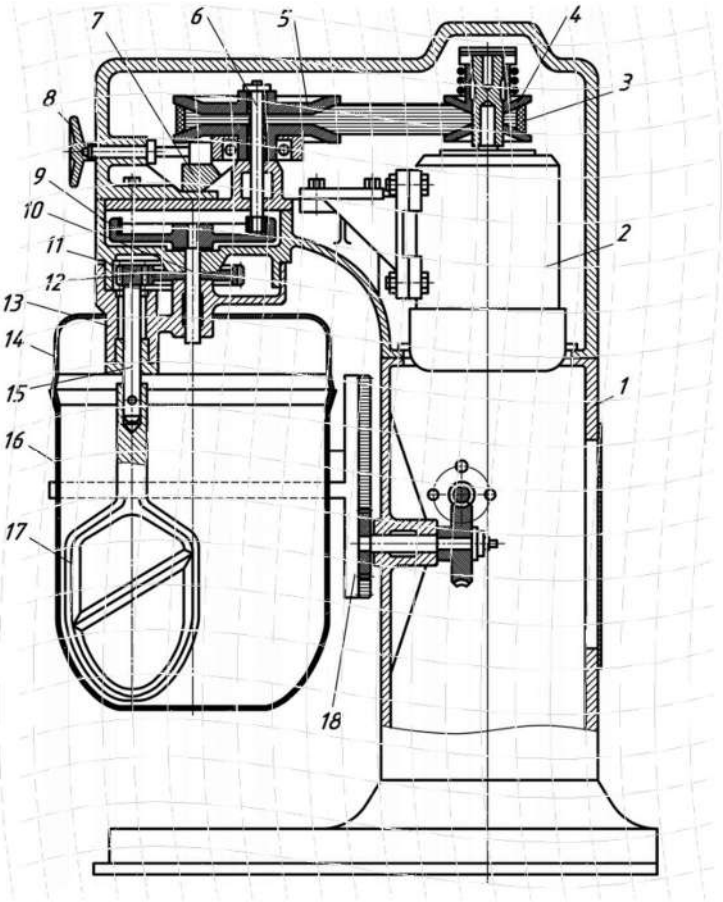


Рисунок 5.15. Кремозбивальна машина

У литій чавунній станині закріплено привід збивача та механізм підйому бачка. Привід збивача складається з електродвигуна *2*, пасового варіатора, зубчастої передачі та планетарного механізму.

Варіатор служить для зміни частоти обертання збивача, і складається із двох шківів з розсувними конусними дисками, спеціального варіаторного пасу *3* і механізму регулювання.

Обертання від ведучого шківа через вал 6 і зубчастую передачу із внутрішнім зачепленням 9 передається на вал *10* планетарного механізму. Планетарний механізм складається із зубчастого колеса 11, шестерні 12 і водила *13.* Зубчата шестерня *12* насаджена на

місильний вал 15. Під час обертання водила шестерня котиться по нерухомому зубчастому колесу *11*, і місильний орган *17* робить складний рух: обертається з великою частотою навколо своєї осі та повільно навколо осі бака.

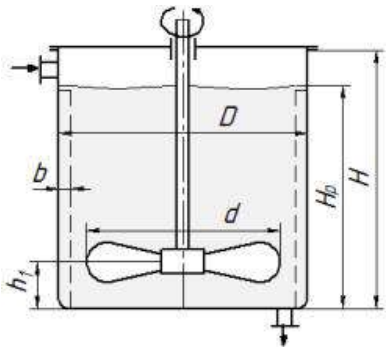
Залежно від виду продукту, застосовується один із чотирьох місильних органів: замкнений, гакоподібний, четирьохлопатевий і прутковий.

Збивач *17* кріпиться на кінці вала штифтом, і може легко замінюватися. На бачку 16 установлена кришка *14,* яка запобігає розбризкуванню продуктів. Бачок кріпиться на кронштейні, який може переміщуватися по вертикальних напрямних станини *1* за допомогою механізму підйому *18*, який приводиться в рух черв'ячною передачею. Підйом і опускання бачка здійснюється вручну маховиком.

Пропелерні мішалки. Особливість змішування рідин пропелерними мішалками (*рисунок 5.16*) – багаторазове переміщення через пропелерну лопать всього об'єму рідини у посудині.

Робочий орган нагадує пропелер літака або гребний гвинт судна.

Трилопатеві пропелери використовують для перемішування рідини у посудині з об'ємом до 200 м^2. Для невеликих посудин з об'ємом до 1 м^3 можна застосовувати дволопатевий пропелер.



$$\frac{D}{d} = 2.4$$

$$\frac{Hp}{d} = 2 \div 4$$

$$\frac{b}{d} = 0.08$$

$$\frac{h_1}{d} = 0.7 \div 1.6$$

$$\frac{t}{d} = 1 \div 2$$

(t – крок гвинта)

Рисунок 5.16. Схема апарата із пропелерною мішалкою і співвідношення його основних розмірів.

Залежно від кута повороту лопатей пропелера розрізняють два типи пропелерних мішалок:

– Мішалки, що всмоктують рідину із дна і нагнітають її до поверхні ($\alpha > 90°$);
– Мішалки, що всмоктують рідину від поверхні і нагнітають її до дна ($\alpha < 90°$).

Для змішування з рідиною продукту, густина якого більше ніж в рідини, необхідно застосовувати мішалки з $\alpha > 90°$ і навпаки.

Пропелерні мішалки доцільно застосовувати для перемішування рідин і продуктів із в'язкістю $\mu < 2$ Па·с.

Недоліки пропелерних мішалок – складність розрахунків і проектування, а також залежність ефективності перемішування від форми посудини та розміщення мішалки в апараті.

Мішалки можуть бути однорядні та багаторядні, з різними кутами кожної лопаті.

З метою підвищення ефекту перемішування доцільно встановлювати їх ексцентрично або під кутом 10-20° до вертикалі.

Турбінні мішалки (*табл.* 5.2). Застосовуються для швидкого приготування суспензій, емульсій і диспергування нерозчинних компонентів з в'язкістю до 30 *Па·с,* а також, коли форма посудини не дозволяє застосовувати пропелерну мішалку. Також можуть використовуватися як емульгатори та збивачі.

Робочі органі (*турбіни*) турбінних мішалок бувають відкриті (*рисунок 5.17 а, б, в*) і закриті *(рисунок 5.17 г, д).*

Відкрита турбіна – це диск, на якому радіально закріплені лопатки. (*рисунок 5.17 а, б, в)*. Під час швидкого обертання турбіни на продукт діють відцентрові сили, які відкидають його до стінок мішалки, і далі до дна та до верху посудини. Так створюється безперервна інтенсивна циркуляція та перемішування компонентів суміші.

Закрита турбіна працює аналогічно, за принципом відцентрового насоса (*рисунок 5.17 г, д)*. Лопатки в закритій турбіні розміщені між двома тонкими дисками, у центрі яких є отвір. Під час обертання турбіни рідина засмоктується в отвір і з великою швидкістю викидається до периферії.

Кількість лопаток турбіни буває від чотирьох до шістнадцяти.

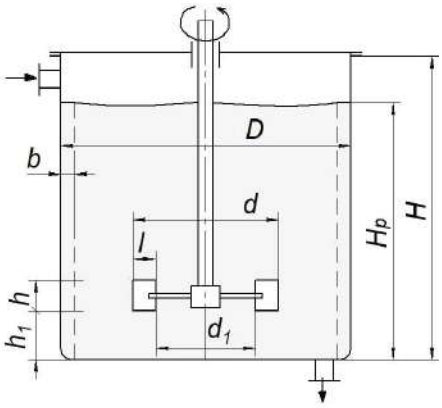
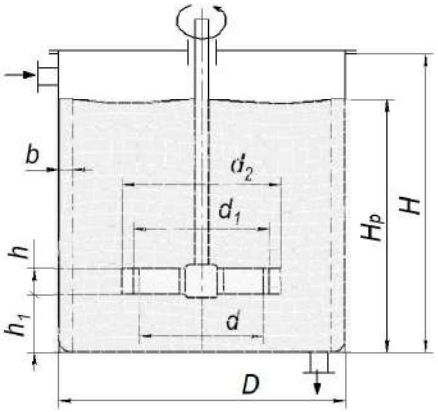
Звичайно частота обертання 200–600 об/хв.

Для перемішування високов'язких рідин лопатки турбін повинні бути спрямовані убік, протилежний обертанню колеса.

Для підвищення ефективності перемішування густих рідин мішалки оснащують напрямними апаратами-статорами (*рисунок 5.17 д)*.

Таблиця 5.2

Типи турбінних мішалок

Турбінна відкрита 	$\frac{D}{d} = 0.3$ $\frac{Hp}{d} = 0.75 \div 0.8$ $\frac{h}{d} = 0.2 \div 0.3$ $\frac{l}{d} = 0.25$ $\frac{d_1}{d} = 0.65$ $\frac{h_1}{d} = 0.5 \div 1.5$ $\frac{b}{D} = 0.08$	Перемішування суспензій, розчинення та диспергування рідин і газів. μ< *25* Па·с V=3–8 м/с
Турбінна закрита 	$\frac{D}{d} = 2.4$ $\frac{h}{d} = 0.25$ $\frac{h_1}{d} = 0.85$ $\frac{d_1}{d} = 1.1$ $\frac{d_2}{d} = 1.6$	Перемішування суспензій, розчинення та диспергування рідин і газів. μ< 25 Па·с V=3–8 м/с

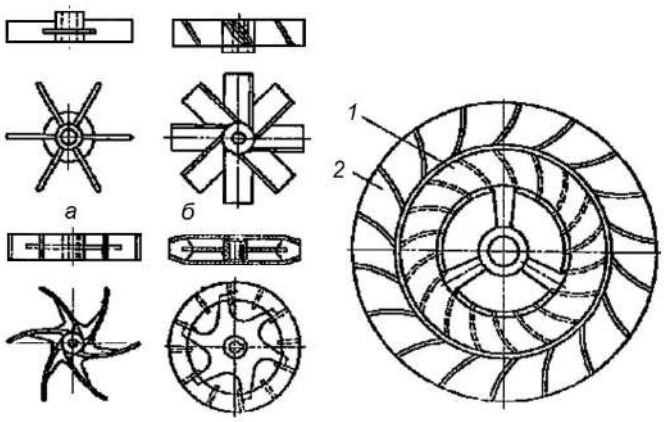


Рисунок 5.17. Робочі колеса турбінних мішалок:
а, б, в – відкриті турбінні мішалки; г – закриті турбінні мішалки;
д – закрита турбінна мішалка з напрямним апаратом-статором:
1 – турбіна, 2 – апарат-статор.

Спеціальні типи механічних мішалок використовуються в основному для інтенсифікації масообмінних процесів.

Дискова мішалка. На вертикальному або горизонтальному валу насаджені диски невеликого діаметра d=0,1–0,15 м, які обертаються з великою швидкістю (5–35 м/с). Застосовуються для посудин об'ємом до 4 м^3. Рух і змішування компонентів відбувається за рахунок сил тертя між ними та поверхнею диска. Для інтенсифікації процесу диски можуть бути зубчасті або з пелюстками.

Конусні мішалки. Конусні мішалки використовують як для перемішування рідких сумішей, так і дуже концентрованих суспензій. Це порожній зрізаний конус, закріплений на вертикальному валу більшим діаметром до дна посудини. Перемішування відбувається за рахунок того, що рідина, що перебуває в безпосередній близькості до конуса, відкидається відцентровою силою в навколишній простір. Крім того, внаслідок різниці колових швидкостей, яка обумовлена відмінністю діаметрів конуса, рідина просмоктується через конус. Для поліпшення якості перемішувань суспензій на одному валу закріплюють два конуси більшими діаметрами один до одного.

Вібраційні мішалки (*рисунок* 5.18). Робочий орган – вібродиск *4*, під дією вібратора *2* створює зворотно-поступальні рухи, які викликають відповідно рух рідини. Вібродиски закріплені на двох штоках, які рухаються в протилежних напрямках, таким способом урівноважуючи вібраційні навантаження та інтенсифікуючи процес.

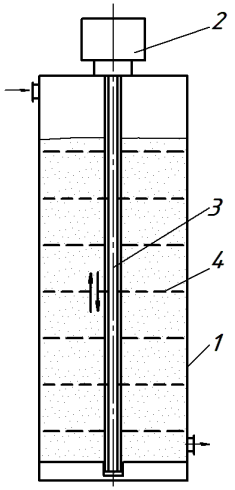


Рисунок 5.18.
Вібраційна мішалка:
1 – ємність;
2 – вібратор;
3 – штоки;
4 – вібродиски

5.4. Обладнання для перемішування з метою одержання сипких напівфабрикатів

У багатьох галузях харчової промисловості застосовуються змішувачі сипких напівфабрикатів. Змішування сипких матеріалів має на меті одержання однорідної маси в процесі виробництва. Змішування вихідних матеріалів дає безпосередньо готову продукцію або є складовою частиною іншого технологічного процесу.

Ефективність змішувача сипких продуктів визначається часом, необхідним для одержання необхідного ступеня змішування. На процес змішування впливають:

- Густина продуктів, що змішуються;
- Величина та розподіл крупності часток компонентів суміші;
- Вологість продуктів, що змішуються;
- Форма частинок.

Ефективність роботи змішувача оцінюється у відповідності фактичним відхиленням складу суміші стосовно теоретичного відхилення ідеально перемішаної суміші.

Для якісного перемішування ступінь змішування наближається до одиниці.

При змішуванні сипких матеріалів можливе змішування сухих матеріалів і сухих з невеликою кількістю рідини.

Змішувачі для сухих сипких харчових продуктів за конструкцією поділяються на обертальні та транспортувальні

До обертальних відносяться барабанні змішувачі різних типів.

Обертальні барабанні змішувачі. Вал, на якому обертається барабан, може збігатися та не збігатися з віссю симетрії барабана або його діагоналлю. Барабани можуть мати різну форму залежно від призначення.

Найчастіше барабани кріплять на горизонтальних валах вертикально (*рисунок* 6.19а, г*)* або горизонтально (*рисунок* 6.19в*)*. Можливе обертання барабанів на роликах.

Для інтенсивного змішування сипких продуктів, які допускають подрібнення під час змішування, застосовують барабани шестикутної форми.

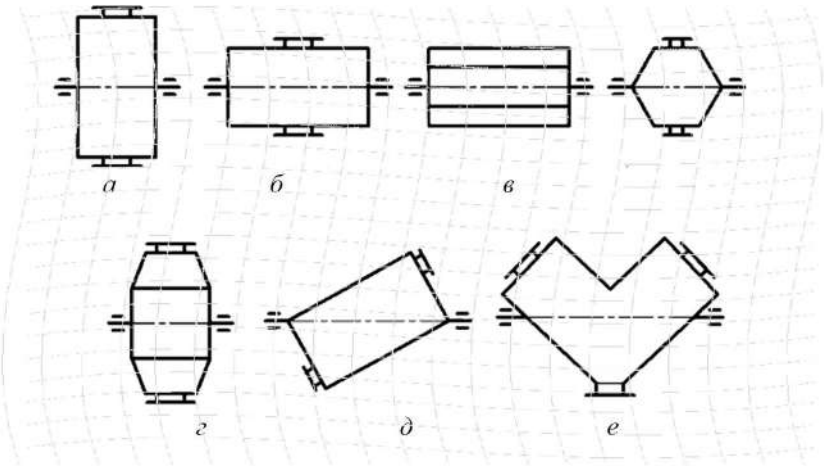


Рисунок 5.19. Барабанні змішувачі

Для змішування матеріалів, що не допускають подрібнення (чай, кава) застосовують барабани з конічним днищем.

Недолік барабанних змішувачів – наявність застійної зони у центрі барабану. У цій зоні компоненти суміші нерухомі та не змішуються. Наявність застійної зони не дозволяє заповнювати барабан більш ніж на 40% його об'єму.

З метою збільшення коефіцієнта заповнення використовують барабани з подвійною посудиною Y-подібної форми (*рисунок* 6.19е*)* і змішувачі типу "п'яна бочка" (*рисунок* 6.19д*)*. У цих змішувачах під час кожного оберту барабана продукт двічі пересипається у вертикальному та горизонтальному напрямку.

Змішувачі сипких продуктів з невеликою кількістю рідини – це звичайно обертові барабани, у яких установлені шкребки для очищення стінок.

Конічні змішувачі складаються із двох зрізаних конусів, з'єднаних циліндричною обичайкою. Вісь обертання зазвичай проходить діаметром обичайки або може збігатися з віссю циліндра. У цих змішувачах ефективність процесу збільшується завдяки змішуванню матеріалу уздовж поверхні ємності.

Кубічні змішувачі. Вісь обертання кубічної ємності збігається з її діагоналлю. Застосування їх пов'язане з тим, що у довгих циліндричних барабанах складно забезпечити рівномірне змішування і швидке розвантаження.

Транспортувальні змішувачі. До цих змішувачів відносяться стрічкові, лопатеві та шнекові. Робочими органами можуть бути шнеки, у тому числі стрічкові або лопатеві, закріплені на валу.

Стрічкові змішувачі. Змішування здійснюється стрічковими спіралями, які не тільки змішують, а також переміщають матеріал.

Лопатеві змішувачі. У цих змішувачах сипкі харчові продукти перемішуються лопатями, закріпленими на горизонтальному валу. Ці змішувачі бувають періодичної або безперервної дії. У змішувачах безперервної дії лопаті встановлюються по гвинтовій лінії, забезпечуючи транспортування продукту.

У змішувачах періодичної дії продукт змішується радіальними лопатями, повернутими для циркуляції продукту в кориті змішувача.

Шнекові змішувачі можуть бути з горизонтальними, вертикальними (*рисунок* 5.20*)* шнеками, а також шнеками, що здійснюють планетарний рух (*рисунок* 5.21).

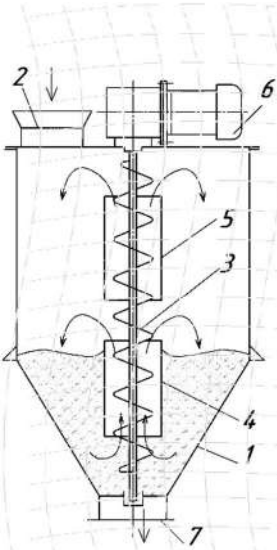


Рисунок 5.20.
Вертикальний шнековий змішувач:
1 – бункер;
2 – патрубок подачі;
3 – шнек;
4 – нижній патрубок;
5 – верхній патрубок;
6 – привід шнека,
7 – патрубок вивантаження

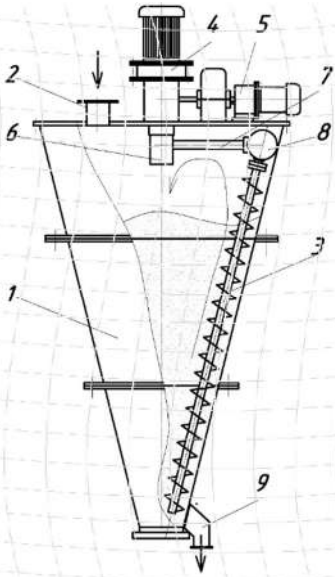


Рисунок 5.21.
Змішувач із планетарно-шнековою мішалкою.
1 – корпус;
2 – патрубок подачі компонентів суміші;
3 – шнек;
4 – привод шнека;
5 – привод водила;
6, 8 – коробки передач;
7 – водило;
9 – вихідний патрубок.

Шнек *3* обертається навколо власної осі, а також робить планетарний рух навколо осі корпусу змішувача. Рух шнеку передається від приводу *5* через коробки передач *6* і *8*, планетарний рух шнек одержує від привода *5* через водило *7*.

Продукт подається в корпус через патрубок *2* і піднімається обертальним шнеком уздовж стінок корпусу, опускається вниз і знову піднімається витками шнеку. Процес триває до рівномірного змішування компонентів суміші, після чого суміш вивантажують через патрубок *9*.

Розрахунок барабанних змішувачів. *П*означимо через *m* необхідне число переміщень продукту в барабані, а через *n* – частоту обертання барабана, об/хв, тоді час $t_{зм}$, необхідний для змішування продукту в барабані:

$$t_{зм} = \frac{2\pi m}{\omega} = \frac{m}{n},\ \text{с}$$

Продуктивність барабанного змішувача розраховується за формулою:

$$G = \frac{V \cdot \rho \cdot 60}{t_{зм} + t_{зав} + t_{роз}},\ \text{кг/год}$$

де V – об'єм, який займає продукт у барабані;

ρ – густина суміші, кг/м^3;

$t_{зм}$ – час, необхідний для змішування, хв.;

$t_{зав}$ – час, необхідний для завантаження, хв.;

$t_{роз}$ – час, необхідний для розвантаження, хв.

Підставляючи в рівняння час, необхідний для змішування $t_{зм}$, одержимо:

$$G = \frac{V \cdot \rho \cdot 60}{\frac{m}{n} + t_{зав} + t_{роз}},\ \text{кг/год}$$

де $t_{зав}$, $t_{роз}$ – визначається експериментально залежно від умов роботи; m – експериментальним або розрахунковим шляхом.

Велике значення має ступінь наповнення барабану. Кратність переміщення частинок продукту за один оберт барабану, або середня кількість переміщень продукту за один оберт барабану обернено пропорційна ступеню наповнення барабану.

Кільцева зона (порожнина) $V_к$ – це створена циліндром радіуса *r* і корпусом барабана. Це об'єм продукту, який пересипається за один оберт. Якщо взяти до уваги деякий середній шлях частинок, то кратність перемішування маси *m* продукту за один оберт барабана визначається як відношення об'єму кільцевої порожнини $V_к$ до об'єму продукту V:

$$m = \frac{V_к}{V} = \frac{\left(\pi \cdot R^2 - \pi \cdot r^2\right) \cdot L}{\phi \cdot \pi \cdot R^2 \cdot L} = \frac{R^2 - r^2}{\phi \cdot R^2}$$

де L – довжина барабана; φ – ступінь наповнення барабана продуктом.

Якщо ступінь наповнення барабана 50%, то r = 0; $\varphi = 0.5$

$$m = \frac{R^2 - r^2}{\phi \cdot R^2} = 2$$

Частинки двічі отримають рух. Якщо барабан наповнений більше за 50%, то у центрі утворюється застійна зона, зі збільшенням φ від 0,5 до 1 кратність перемішування продукту, який перебуває в кінцевій зоні, утвореною стінкою циліндра і нерухомою зоною, зменшується від 2 до 0, а об'єм нерухомої зони збільшиться від 0 до 100% об'єму барабана.

Якщо ввести в барабан циліндричний вкладиш, однаковий за розміром застійній зоні, то теоретичний ступінь наповнення можна збільшити до 60%.

Розрахунок шнекових змішувачів.

Продуктивність шнекового змішувача

$$G = \frac{V \cdot \rho}{t_{зм} + t_{зав} + t_{роз}}, \text{ кг/год}$$

де V – об'єм продукту, м^3;

ρ – густина продукту, кг/м^3;

m – необхідна кількість переміщень;

$t_{зм}$ – тривалість змішування, с.

$t_{зав}$ – час, необхідний для завантаження, с;

$t_{роз}$ – час, необхідний для розвантаження, с.

Продуктивність шнека

$$G_{шн} = \frac{\left(D^2 - d^2\right)}{8} \cdot S \cdot \omega \cdot \phi, \quad \text{м}^3/\text{с}$$

де D – зовнішній діаметр шнека, м;

d – діаметр вала, м;

S – крок витків шнека, м;

ω – кутова швидкість, рад/с;

φ – коефіцієнт заповнення.

Питання для самоперевірки

1. Що таке змішування? Приклади застосування у харчовій промисловості.
2. Коефіцієнт неоднорідності суміші, його фізична суть. Відмінності між конвективним і дифузійним змішуванням.
3. Класифікація обладнання для змішування за фізичним станом середовища, ритмом роботи, конструкцією робочих органів, принципом дії. Наведіть приклади.
4. Стадії утворення тіста. Яка стадія вимагає посиленого механічного впливу?
5. Конструкція тістомісильної машини періодичної дії з підкатною діжою.
6. Конструкції лопатевих роторних змішувачів.
7. Конструкція тістомісильної машини із двома S-подібними лопатями.
8. Конструкція тістомісильної машини зі спіральним робочим органом.
9. Конструкція горизонтальної тістомісильної машини безперервної дії.
10. Конструкції шнекових та гвинтових змішувачів безперервної дії.
11. Конструкція тістомісильної машини безперервної дії для приготування цукрового тіста.
12. Проминальні та тягнульні машини для змішування карамельної маси.
13. Схема та приклади застосування інжекторного змішувача.
14. Схема та приклади застосування циркуляційних змішувачів.
15. Схема та приклади застосування пневматичних змішувачів.
16. Класифікація механічних змішувальних пристроїв. Приклади їх застосування.
17. Види руху рідин в мішалках.
18. Конструкції, режими роботи і приклади застосування лопатевих, пропелерних, барабанних і рамних, турбінних відкритих та закритих мішалок.
19. Конструкція апарату для розчинення жиру.
20. Горизонтальний лопатевий змішувач-емульсатор. Конструкція і приклади застосування.

21. Конструкція кремозбивальної машини. Що таке планетарний рух, поясніть на прикладі руху робочого оргнау кремозбивальної машини.
22. Наведіть приклади застосування процесу змішування сипких продуктів.
23. Які фактори впливають на процес змішування сипких продуктів?
24. Схеми барабанних змішувачів. Недоліки барабанних змішувачів та шляхи їх усунення.
25. Схеми вертикальних шнекових змішувача та змішувача із планетарно-шнекової мішалкою. Приклади застосування.

Розділ 6.

Обладнання для механічного перероблення сировини та напівфабрикатів формуванням

6.1. Класифікація методів і обладнання для формування. Структурно-механічні властивості харчових мас.

Формування – технологічний процес надання оброблюваному продукту певної форми та розмірів.

Обладнання для формування широко застосовується в кондитерському виробництві: різальні, штампувальні машини, екструдери, відсаджувальні машини та машини для відливання виробів.

У макаронному виробництві застосовуються преси для формування макаронних виробів.

У хлібопекарському виробництві використовуються тістоокруглювальні та закочувальні машини для надання відповідної форми тістовим заготовкам, екструдери для пряників, сухарів і соломки.

У цукровому, м'ясному і молочному виробництвах використовуються преси для формування брикетів цукру, котлет, пельменів і сирних мас.

Процес формування харчових продуктів – один із найбільш складних процесів харчової технології.

У процесі перероблення з метою формування на напівфабрикат впливають тиском, або використовують зміну фізико-механічних властивостей харчової маси під час зміни агрегатного стану.

Вплив тиском на продукт здійснюється різними способами:

- *Стисканням* у замкненому об’ємі (рисунок 6.1, а): пресування (брикетування, таблетування), штампування;
- *Витисканням* через отвір певної форми (рисунок 6.1, б): екструдування, відсаджування;

– *Натисканням* на продукт, який не перебуває в замкненому об'ємі та сприймає тиск площинами або лініями, і рідше – точками (рисунок 6.1, *в)*: округлення, закочування, витягування, відрізання, обкочування, дражування.

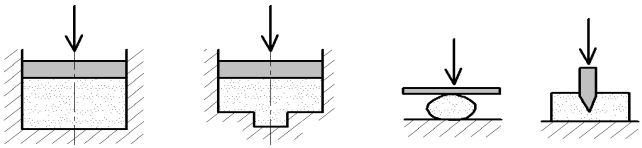


Рисунок 6.1. Способи впливу тиском на продукт під час пресування:
а – стискання; б – витискання; в – натискання; г – різання.

Усі види формувальних машин можна класифікувати за способом формування:

1. Пресування – з метою надання напівфабрикату певної густини та форми;
2. Штампування – висіканням із шару продукту окремих заготовок певної форми;
3. Екструдування – витискання джгутів оброблюваної маси через формувальний отвір матриць, у тому числі відсаджування;
4. Округлення, закочування, розкочування, витягування;
5. Різання шару харчових мас на окремі заготовки;
6. Обкочування – зв'язування частинок сипких матеріалів (у процесі взаємного переміщення) в гранули певної форми.
7. Відливання у форми рідкої або напіврідкої маси – з метою одержання після охолодження виробів певної форми.

Вибір конструкції технологічного обладнання і оптимальних режимів перероблення харчових продуктів залежить від структурно-механічних властивостей сировини, які визначаються хімічним і біохімічним складом, внутрішньою будовою матеріалу.

Необхідні знання про структурно-механічні властивості харчових мас і закономірності їх поведінки (течії) у робочих об'ємах машин дає реологія – наука про деформацію та течію різних тіл, що досліджує співвідношення між напруженням і деформацією у продукті.

Більшість харчових мас – висококонцентровані мікрогетерогенні дисперсні системи. У процесі перероблення

сировина і напівфабрикати розтягуються, стискуються, тобто перебувають в умовах складного напруженого стану. Перероблення харчових мас як біополімерів, пов'язане із течією матеріалу, яка описується відповідними закономірностями.

Для опису процесу оброблення харчових матеріалів тиском необхідно знати їх властивості в'язкості і консистенцію. Консистенція, як комплексний термін, характеризує механічні властивості в об'ємі матеріалу – пружність, пластичність, в'язкість і міцність, а також адгезійні властивості (липкості).

Перераховані властивості ще називають структурно-механічними та характеризуються здатністю втримувати та змінювати форму (деформуватися) під дією зовнішніх сил.

Деформація – це зміна форми та лінійних розмірів під дією зовнішніх сил, цей відносний зсув частинок матеріального тіла, за якого не порушується безперервність речовини.

У того самого матеріалу, залежно від його стану і умов навантаження проявляються в різному ступені ті або інші реологічні властивості.

Під дією зовнішніх сил відбувається зміна форми та розмірів тіла.

Величина і характер деформації залежить від властивостей матеріалу тіла, його форми та способу прикладення зовнішніх сил. Деформація супроводжується впливом внутрішніх сил взаємодії між частинками тіла. Напруження є показником інтенсивності внутрішніх сил пружності. Розрізняють повне, нормальне і дотичне напруження.

Нормальне напруження σ (*Па*) виникає в тілі під дією зовнішніх сил P_H (*Н*), на поверхню площею F_H *(м²),* нормальну до вектору накладання сили:

$$\sigma = \frac{P_H}{F_H}$$

Дотичне напруження (напруження зсуву) τ (*Па*) дорівнює відношенню прикладеної сили P_T (*Н*) до поверхні F_T *(м²),* на якій відбувається зсув:

$$\tau = \frac{P_T}{F_T}$$

Мінімальне напруження, необхідне для зсуву, називають *граничним напруженням зсуву* τ_T.

Реологічна поведінка матеріалу залежить не лише від напруження, але і від швидкості прикладання напруження та швидкості деформації.

Відносна деформація ε під час осьового стискання (або розтягування) – це відношення:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$$

де: *Δl* – абсолютна деформація тіла;

l – попередній розмір зразка.

Під час зсуву це відношення:

$$\gamma = \frac{\Delta l}{b}$$

де: *Δl* – абсолютна деформація зсуву;

b – товщина шару.

Швидкість деформації враховує зміну деформації в часі τ.

Для деформації розтягування (або стискання) $\dot{\varepsilon}(\tau)$:

$$\dot{\varepsilon} = \frac{d\varepsilon}{d\tau}$$

Для час деформації зсуву $\dot{\gamma}(\tau)$:

$$\dot{\gamma} = \frac{d\varepsilon}{d\tau}$$

Деформації поділяться на два види: зворотну (пружну), яка зникає після припинення дії сили, і незворотну (в'язку, пластичну), яка не зникає після зняття навантаження.

У реології розрізняють миттєву пружну деформацію та запізнілу, яку ще називають пружною післядією або еластичністю.

Запізніла пружна деформація протікає в часі і швидкість зростання цієї деформації за постійного напруження монотонно знижується. Після зняття навантаження ця деформація зникає також зі швидкістю, що монотонно зменшується. Це явище називається пружним відновленням.

Незворотня деформація – це в'язка і пластична течія матеріалу. Під час в'язкої течії деформація пропорційна напруженню за законом Ньютона, і після зняття навантаження не відновлюється.

Пластична деформація виникає, коли напруження перевищує деяку граничну величину (межа текучості), до досягнення якої матеріал поводиться як пружний.

Найбільш важливою реологічною величиною, що визначає стан матеріалу, є *в'язкість* η (*Па·с)* – міра опору течії.

Так як для ньютонівських матеріалів напруження зсуву пропорційне в'язкості η і швидкості зсуву $\dot{\gamma}$, то ньютонівська в'язкість становить:

$$\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}}$$

і є константою пропорційності між τ і $\dot{\gamma}$.

Величина, зворотна в'язкості, називається текучістю.

Графічну залежність $\dot{\gamma} = f(\tau)$ називають *кривою течії* або реограмою.

В'язкість для ньютонівських рідин є величиною постійною.

Багато рідин, у тому числі харчові продукти, не описуються законом Ньютона. Їхня в'язкість залежить від швидкості деформації, і крива течії має нелінійний характер. Такі матеріали називають неньютонівськими.

Для опису процесів течії реальних тіл вводяться різні поняття в'язкості: абсолютна, структурна, ефективна або уявна, пластична і багато інших.

Ефективна в'язкість – це відношення:

$$\eta_{еф} = \frac{\tau}{\dot{\gamma}}$$

Стан *ідеально пружного тіла* описується рівнянням Гука:

$$\sigma = E\varepsilon \text{ або } \tau = G\gamma$$

де: σ, τ – нормальне і дотичне напруження, Па;

E, G – модулі пружності та зсуву, Па;

ε, γ – лінійна і кутова деформація.

До найпростіших також відносяться реологічна модель Сен-Венана – ідеально пластичного тіла, і Ньютона – ідеально в’язкого тіла.

Харчові маси характеризуються великою кількістю реологічних станів, які лежать між двома граничними станами, властивими «твердому ідеально пружному тілу» і «нев'язкій рідині».

Під першим розуміється таке тіло, рівноважна форма і напруження якого досягаються миттєво.

Рідина називається нев'язкою, якщо напруження ізотропно незалежне від стану течії, тобто рідина нездатна створювати та підтримувати напруження зсуву.

Неньютонівські рідини прийнято розділяти на три основні групи.

До першої групи відносяться неньютонівські рідини, для яких швидкість зсуву в даній точці залежить лише від напрямку і не залежить від тривалості дії напруження. Ці рідини називають в'язкими або реологічно стаціонарними неньютонівськими рідинами. До них відносяться пластичні, псевдопластичні та дилатантні рідини.

Бінгамівські рідини – за малих значеннях напруження τ лише деформуються, а починають текти після досягненні границі текучості τ_T.

Описуються рівнянням:

$$\tau = \tau_0 + \eta\dot{\gamma},$$

де: $\tau_0=\tau_T$ – граничне напруження зсуву;

До них відносяться дуже концентровані та густі суспензії та пасти (наприклад, шоколадна і томатна паста).

Псевдопластичні рідини – тіла, у яких межа текучості відсутня. Для таких рідин характерний коефіцієнт уявної або ефективної в'язкості η_K. Його величина зменшується зі збільшенням градієнта швидкості, тобто $n<1$. Вони описуються рівнянням Освальда-Де Віля:

$$\tau = K\dot{\gamma}^n$$

де K – коефіцієнт консистенції, що залежить від природи матеріалу;

n – індекс течії.

Зокрема, якщо $n=1$, *то* рівняння перетворюється в рівняння Ньютона. Для більшості харчових мас $n<1$.

До псевдопластичних відносяться різні харчові матеріали (наприклад, концентрвоані соки і пюре), для опису яких частіше інших використовується статичне рівняння Освальда-Де Віля.

Дилатантні рідини, подібно до псевдопластичних, не мають межі текучості, але їх уявна в'язкість зростає зі збільшенням швидкості зсуву, тобто n>1.

Приклад такої рідини – водяна суспензія крохмалю.

До другої групи відносяться неньютонівські рідини, у яких напруження зсуву залежить не лише від величини градієнта швидкості, але також від тривалості зсуву, тобто «передісторії» рідини.

Залежно від характеру впливу тривалості зсуву на структуру рідини розрізняють тиксотропні та реопектантні рідини.

У *тиксотропних рідин* зі збільшенням тривалості впливу напруження зсуву структура руйнується і текучість зростає. Проте, після зняття напруження, структура поступово відновлюється і рідина перестає текти.

До тиксотропних рідин відносять різні фарби, молочно-кислі продукти, маргарин, мед та інші, в'язкість яких знижується під час збовтування.

У реопектантних рідин зі збільшенням тривалості впливу напруження зсуву текучість знижується. До таких можна віднести майонез, колоїдні розчини та інші, у яких під час інтенсивного перемішування в'язкість зростає, і утворюється густа рідина.

До третьої групи відносяться в’язкопружні, або максвеловські рідини. Вони течуть під дією напруження τ, але після зняття напруження частково відновлюють свою форму, подібно пружним твердим тілам.

Для великої групи реологічних моделей, що розглядають течію оброблюваного матеріалу, визначення характеристик легко визначається після побудови кривої течії – залежності виду $\tau = f\left(\dot{\gamma}\right)$.

Існує багато варіантів таких рівнянь.

На рисунку 6.2 наведені криві течії для деяких реологічних рівнянь.

Розглянемо такі реологічні властивості тіл, як *пружна післядія, релаксація, повзучість, розбухання і адгезія*.

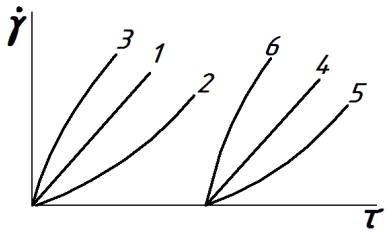


Рисунок 6.2. Криві течії:
1 – тіла Ньютона;
2 – псевдопластичної рідини;
3 – дилатантної рідини;
4 – тіла Бінгама;
5, 6 – тіла Гершеля-Баклі.

Пружна післядія (відновлення) – це здатність тіл під дією постійного напруження змінювати із часом свою пружну деформацію.

Пружна післядія виникає при миттєвому розвантаженні деформованого тіла.

Релаксація – це процес зниження напружень у деформованому тілі за підтримки його постійної деформації. У процесі релаксації відбувається поступове зменшення діючих напружень до нуля або до якої-небудь величини, але деформація тіла в часі не змінюється.

Повзучість – властивість, протилежна релаксації. Це здатність тіла змінювати деформацію під час підтримування постійного напруження. Іноді під повзучістю розуміють поступове збільшення в часі деформації під час постійних напружень. Граничне напруження, за якого швидкість деформації наближається до нуля, а деформація – до деякого кінцевого значення, називається межею повзучості, або межею тривалої міцності. Якщо напруження перевищує межі тривалої міцності, то виникає явище повзучості, яка не затухає, в результаті якої матеріал руйнується.

Розбухання – властивість матеріалу, багато в чому залежна від пружності, еластичності, пружної післядії та релаксації.

Під *адгезією*, або *прилипанням*, розуміють поверхневі явища між різними за властивостями матеріалами на межі розподілу фаз, у результаті якого виникають сили взаємного напруження.

Адгезія характеризує ступінь взаємодій поверхонь різний тіл.

В адгезії є супутні явища – когезія і аутогезія.

Когезія означає зв'язок усередині даного тіла, тобто в межах однієї фази.

Аутогезія – зв'язок однорідних за формою або природою тіл (злежування).

Деякі властивості харчових мас можна уявити, якщо розглянути криві кінетики деформації цукрового (пластичного), і затяжного (пружного) тіста.

На рисунку 6.3 крива *1* відображає поведінку пластичного тіста.

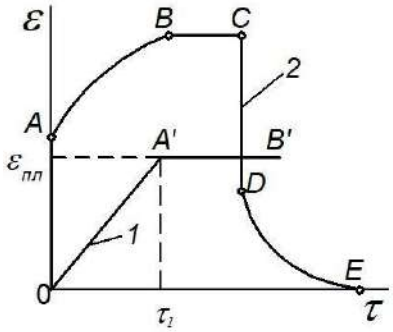


Рисунок 6.3. Криві деформації тіста під дією прикладеного напруження:
1 – пластичного; 2 – пружного.

Під дією прикладеного напруження тісто тече (лінія ОА́). Процес є сталим, поки діє напруження. Якщо після закінчення деякого часу t_1 зняти напруження (σ=0), пластична деформація залишиться, лінія деформації (лінія А́В́) іде паралельно осі абсцис.

Зовсім інші властивості у пружного тіста.

Якщо до зразка пружного тіста (рисунок 6.3, крива 2) прикласти напруження σ, то у зразку виникає пружна деформація (лінія ОА).

Крива АВ – відображає течію зразка під дією прикладеного напруження σ.

Якщо $\sigma<\sigma_T$, деформація зразка не змінюється, пряма ВС паралельна осі абсцис.

У випадку, якщо прикладене напруження більше σ_T, пряма ВС буде мати похилий характер, що характеризує сталу течію зразка з постійною швидкістю. Течія можлива до повного руйнування зразка.

Якщо зняти напруження, то миттєво зникне пружна деформація (вертикальна пряма CD). Потім зникне еластична деформація (крива DE). За такої умови, якщо прикладене напруження менше напруження текучості, зразок приймає початковий розмір. Відносна деформація ε = 0,тому точка Е лежить на осі абсцис.

6.2. Обладнання для формування харчових продуктів пресуванням

Процес формування, у результаті якого змінюються густина і форма харчового продукту, називається *пресуванням*. Під час пресування продукт піддається впливу тиску в закритому об'ємі.

Як правило, більшість харчових продуктів, які обробляють пресуванням, – це пружно-в'язко-пластичні середовища. Деякі з них через свою пружність після зняття тиску частково відновляють свою форму. Ефект відновлення форми тим більше помітний, чим коротший вплив на продукт із боку робочого органу. Для якісного пресування в цьому випадку потрібно, щоб тривалість процесу дорівнювала або перевищувала період релаксації. Таким чином, продуктивність обладнання визначається також реологічними властивостями продукту.

Отриманий брикет повинен мати необхідні розміри, масу і густину, достатні для його подальшого транспортування. Для збільшення строку зберігання продукту його додатково сушать.

Розглянемо основні визначення і явища, необхідні для розуміння процесу.

Ущільнення продукту під час формування пресуванням супроводжується подрібненням і відносним зсувом його часток, який відбувається внаслідок їхньої пластичної та пружної деформації.

На процес впливають фактори, що залежать:

Від властивостей матеріалу:

- Модуль пресування, що характеризує здатність продукту до ущільнення;
- Коефіцієнт бічного тиску – відношення бічного тиску до вертикального;
- Вологість матеріалу,
- Температура матеріалу;
- Гранулометричний склад матеріалу.

Від умов пресування:

- Питомий тиск пресування;
- Тертя продукту на поверхні матриці;
- Форма кінцевого виробу і співвідношення його розмірів;
- Режим пресування (періодичний або безперервний);
- Кількість поверхонь брикету, на які безпосередньо діє тиск.

Залежно від впливу на брикет розрізняють три типи машин:

– Коли тиск прикладається до продукту з одного боку;
– Коли тиск прикладається із двох протилежних сторін;
– Коли тиск діє із декількох сторін.

Схематично об'єм брикету V складається із трьох частин (рисунок 6.4):

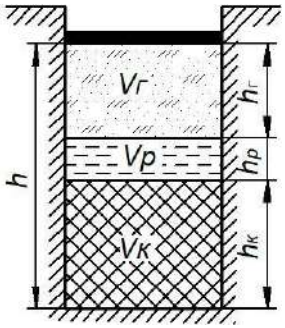


Рисунок 6.4. Умовний розподіл об'єму пресованого продукту на окремі фракції

– Перша має об'єм V_K і заповнена сухою речовиною;
– Друга частина має об'єм V_P і заповнена рідиною;
– Третя має об'єм $V_Г$ і заповнена газовою фракцією.

Відношення повного об'єму брикету до об'єму сухої речовини називається *коефіцієнтом ущільнення* β *:*

$$\beta = \frac{V}{V_K} = \frac{h}{h_K}$$

Значення коефіцієнта β коливається у широких межах від 3 до 20.

Відношення суми об'ємів рідкої і газової фракцій до об'єму сухої речовини називається коефіцієнтом *пористості*:

$$\varepsilon = \frac{V_P + V_Г}{V_K}$$

Коефіцієнти ущільнення і пористості зв'язані між собою співвідношенням:

$$\varepsilon = \beta - 1$$

У розрахунках процесів пресування також використовують коефіцієнт пресування:

$$K = \frac{V_П - V_K}{V_П} \cdot 100$$

де: $V_П$ – початковий об'єм матеріалу; V_K – об'єм матеріалу після пресування.

Значення К змінюється від 60 до 95%.

Важлива характеристика пресування – *залежність між приростом тиску пресування і зменшенням коефіцієнту ущільнення речовини*.

Ця залежність графічно виражається двома кривими пресування (рисунок 6.5):

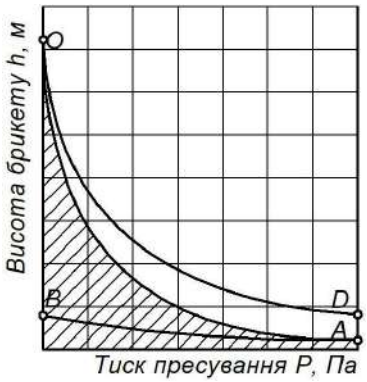


Рисунок 6.5. Індикаторна (OAB) і технологічна (OD) криві пресування

Індикаторна крива встановлює зв'язок між висотою брикету в матриці та тиском пресування (крива OAB); крива пресування OAB складається з гілки навантаження OA – стискання речовини під зовнішнім тиском, і гілки розвантаження AB – звільнення стиснутого брикету від прикладеного до нього тиску і часткове відновлення розміру;

Технологічна крива встановлює зв'язок між висотою готового брикету і кінцевим тиском пресування, за якого цей брикет отриманий (крива OD).

Крива OAB найбільш повно характеризує процес і дає можливість отримати дані, необхідні у розрахунках пресів; друга крива дозволяє визначити тиск, необхідний для одержання брикету заданої густини.

Друга крива (OD) проходить вище першої внаслідок пружної деформації готового брикету, що приводить до зниження його середньої густини.

Тиск пресування складається з тиску, необхідного для ущільнення продукту, та тиску для подолання сил тертя продукту по інструменту внаслідок його ущільнення.

На рисунку 6.6 представлений характер розподілу густини в брикеті за висотою під час різних способів пресування.

Як бачимо, під час двостороннього пресування виходить брикет із більш рівномірною густиною.

Застосування двостороннього пресування дозволяє зменшити тиск пресування і тим самим зменшити витрата енергії.

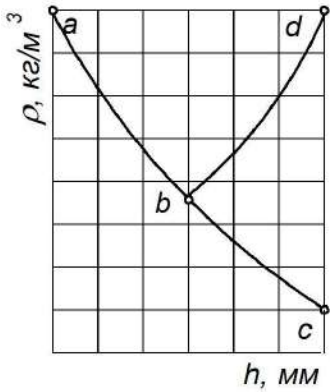


Рисунок 6.6. Характер розподілу густини в брикеті під час пресування:
abc – однобічного;
abd – двостороннього.

Розглянемо типовий процес, у якому під час його реалізації значно збільшується густина продукту – пресування цукру-рафінаду. Формування, що відбувається у цьому випадку, також називають брикетуванням.

Брикетування – це ущільнення насипного продукту в закритому об'ємі за допомогою зовнішнього тиску до одержання монолітного брикету із густиною, за якої тіло не може самовільно розпадатися.

Дисковий роторний прес. Призначений для одержання брусків цукру-рафінаду. На прикладі роботи преса можна бачити всі стадії процесу пресування.

Пресування відбувається в спеціальних формах (матрицях) за допомогою пуансонів, що стискають рафінадну кашку.

Принцип дії преса (рисунок 6.7) полягає в наступному. У верхньому положенні матриць їх отвори заповнюються цукром (рафінадною кашкою), що надходять із живильника. Із подальшим обертанням барабану в зоні пресування до нього притискається бронзова плита, яка обертається разом із барабаном із однаковою швидкістю. Потім плита повертається у вихідне положення.

У нижньому положенні матриць, коли блоки зі спресованими шматочками рафінаду перебувають над касетою, головки траверси та пуансонів набігають на ролики виштовхувального механізму, і шматочки цукру надходять у касету.

Після цього пуансони висуваються так, що їх торці є однією поверхнею з поверхнею барабану.

Пуансони очищуються від шматочків цукру, які прилипають до поверхні, обертальною щіткою і змащуються мастикою.

Усі деталі пресу, які контактують із цукровими брусками, виготовлені з латуні. Для запобігання прилипання кашки рафінаду робоча поверхня матриць і пуансонів шліфується.

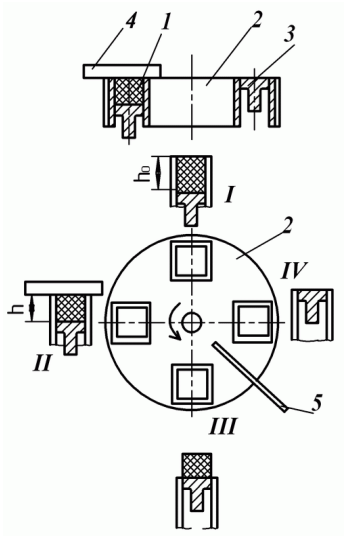


Рисунок 6.7. Схема пресування рафінадної кашки на дисковому роторному пресі:
1 – матриця; 2 – диск;
3 – пуансон; 4 – упор;
5 – скидач бруска

Стіл пресу за час одного оберту робить чотири зупинки, на яких відбуваються наступні операції:

I – пуансони відведені вниз і матриця заповнюється рафінадною кашкою (h_0- початкова висота заготовки);

II – пуансон піднімається нагору і відбувається формування брусків рафінаду. Роль верхнього пуансона виконує рухомий клин (h – кінцева висота брикету);

III – бруски рафінаду виштовхуються пуансонами з матриць;

VI – пуансон очищується від залишків цукру і натирається мастикою.

Продуктивність преса:

$$G = \frac{100 \cdot m \cdot n \cdot p \cdot \eta}{100 + b}, \text{ кг/с}$$

де: m – кількість пресувань за секунду;

n – кількість брусків в одній матриці;

p – маса бруска, кг;

b – кількість відходів під час пресування, сушіння та подрібнення, в% до маси рафінаду;

k – експлуатаційний коефіцієнт, звичайно $k=0.96$.

Дискові преси мають недоліки – циклічне пресування призводить до різких коливань у споживанні енергії; механізми, які застосовуються для пресування, роблять зворотно-поступальний рух, що обмежує продуктивність. Одержання рафінаду у вигляді окремих шматочків ускладнюється, тому що під час зсування з диску вони можуть стикатися між собою і деформуватися.

Ці недоліки виключаються у роторних барабанних пресах.

Для комбікормів застосовуються штангові та карусельні преси. У штанговому пресі брикет пресується в довгому формувальному каналі, відкритому з обох кінців пресувальної штанги, пуансон робить зворотно-поступальний рух за допомогою кривошипного механізму.

Прес для брикетування концентратів (каш, кисілів, супів), а також для брикетування твердих відходів харчових виробництв. Слід зазначити, що аналогічні за конструкцією машини використовуються для виробництва таблеток у хімічній, фармацевтичній і мікробіологічній промисловості.

На рисунку 6.8 *а* показана схема формування брикету або таблетки на роторних пресах.

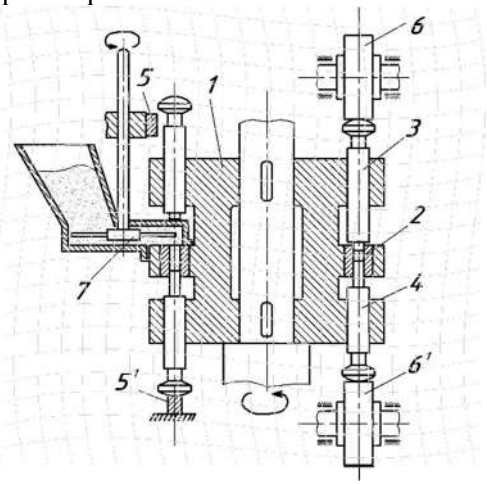


Рисунок 6.8 а. Технологічна схема брикетування на роторному пресі:
1 – ротор; 2 – матриця;
3 – верхній пуансон; 4 – нижній пуансон;
5, 5’ – верхній і нижній копіри для пуансонів;
6, 6’ – верхній і нижній ролики; 7 – живильник.

Сипкий продукт живильником 7 подається в матрицю 2. Матриці розміщені у роторі 1, який обертається навколо вертикальної осі. Ротор має три яруси отворів. В отворах середнього ярусу розміщені матриці. В отворах верхнього та нижнього ярусів – верхні 3 і нижні 4 пуансони. Під час обертання ротору пуансони

рухаються по копірах. Під час пресування пуансони рухаються по роликах 5 і 5′, завдяки чому зближаються та пресують брикет (таблетку). Після пресування нижній пуансон піднімається, виштовхує брикет, який спеціальним пристроєм скидається з ротора.

На рисунку 6.8 *б* показана конструкція преса для брикетування. Він складається зі станини, ротору, живильника, приводу, механізмів регулювання заповнення матриць і тиску.

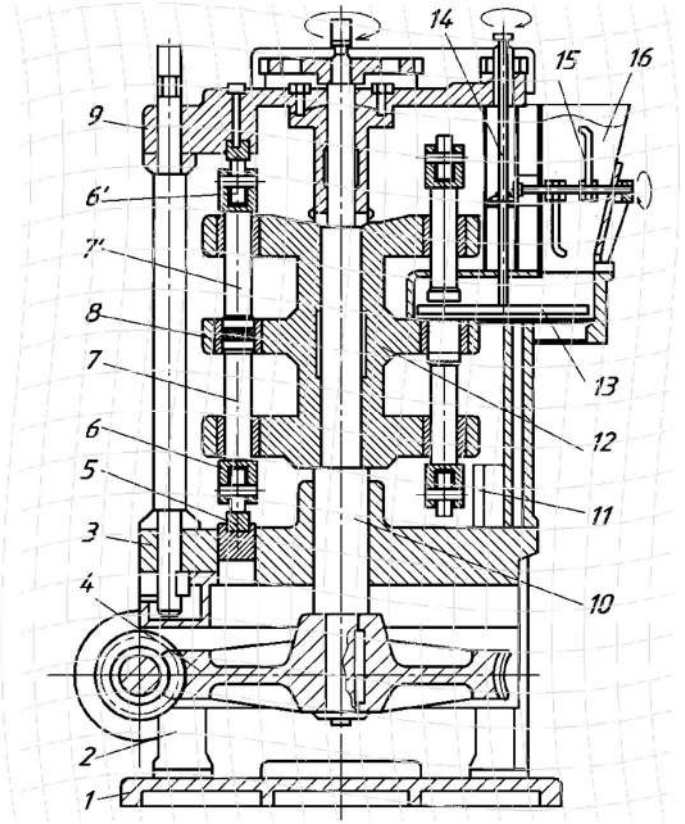


Рисунок 6.8 б. Конструкція преса для брикетування:
1 – станина; 2 – стойки; 3, 9 – плити; 4 – черв'ячна передача;
5 – напрямна поверхня; 6, 6' – ролики; 7, 7' – нижній і верхній пуансони;
8 – матриця; 10 – вал; 11 – механізм регулювання висоти брикету;
12 – ротор; 13 – мішалка горизонтальна; 14 – вал;
15 – мішалка вертикальна; 16 – живильник воронки.

Станина пресу складається із двох плит 3 і 9, стягнутих двома вертикальними колонами. Нижня плита 3 закріплена на двох стойках 2, установлених на станині 1. Між плитами на вертикальному валу 10 закріплений триярусний чавунний ротор 12. У кожному ярусі по колу розташовані отвори: у середньому – для матриць 8, у верхньому і нижньому – для пуансонів 7 і 7′. Пуансони роликами 6 і 6′ рухаються по напрямних поверхнях 5, переміщуючись одночасно у вертикальному напрямку.

Вал з ротором одержує рух від приводу через черв'ячну передачу 3.

Підготовлений продукт подається у воронку 16 живильника, звідки надходить на робочу поверхню ротора. Після наповнення матриці верхній пуансон 6′ опускається вниз і закриває продукт у матриці. Потім нижній пуансон 6 піднімається нагору і пресує у матриці продукт у брикет.

Після витримування продукту під тиском верхній пуансон піднімається нагору, а брикет нижнім пуансоном виштовхується на робочу поверхню стола. Після очищення нижній пуансон опускається вниз, і цикл повторюється.

Для рівномірного заповнення матриці у воронці живильника на валу 14 установлена лопатева мішалка 13. Для недопущення утворення склепінь на стінках воронки встановлена вертикальна мішалка 16, яка приводиться в рух від валу 14 через конічну зубчасту передачу.

Продуктивність пресу:

$$Q = 3600 \cdot k \cdot g \cdot n$$

де: k – кількість матриць преса;

g – маса одного брикету, кг;

n – частота обертання валу ротора.

6.3. Обладнання для формування харчових продуктів штампуванням

Штампувально-різальні агрегати призначені для одержання заготовок певної форми, розміру і малюнка із пружної пластичної маси.

На штампувально-різальних агрегатах штампуються: затяжне печиво, простий та жирний крекер, галети, цукрове печиво, сиркові та заварні пряники; карамель.

Загальна принципова схема штампувально-різального агрегату для затяжного печива та крекеру представлена На рисунку 6.9.

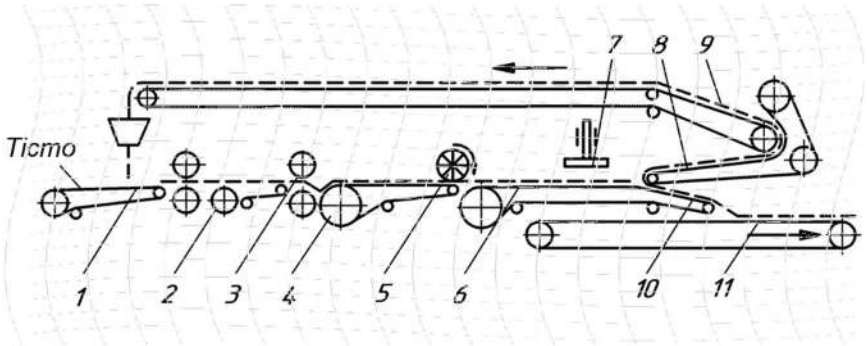


Рисунок 6.9. Схема штампувально-різального агрегату:
1, 2,3 – вальці; 4.6, 8, 11 – транспортери;
5 – щітка; 7 – штамп; 9 – пласт обрізків: 10 – каретка.

Тісто подається транспортером на вальці 1, де формується стрічка товщиною 6–7 мм, яка потім переміщується транспортером 2 до вальців 3, для отримання необхідної товщини - 3.5–4 мм для печива і 2–3 мм для крекеру.

Отримана стрічка тіста подається на транспортер 4, довжина якого залежить від фізичних властивостей тіста та підбирається достатньою для зникнення еластичної деформації після прикладеного зусилля під час вальцювання.

Перед штампуванням поверхня тіста очищається циліндричною щіткою 5. Транспортер 6 подає стрічку тіста під штамп 7, який штампує заготовки печива. Обрізки тіста 9 забираються транспортером 8 і повертаються на вальці 1 для повторного оброблення разом із новою порцією тіста. Заготовки печива сходять із транспортера 6 по каретці 10 на транспортер 11 розкладального

пристрою. Погоджена робота машин агрегату досягається наявністю загальної кінематичної схеми та загального двигуна.

Штампи для пружного тіста працюють методом вирізання заготовки з тістової стрічки. Видавлювання не залишає слідів на поверхні печива, тому навіть малюнок на заготовку наносять шляхом надрізання. Штамп для пружного тіста (рисунок 6.10) складається з корпусу 1, до якого за допомогою гвинтів 2 і пластин 3 кріпиться ряд матриць 8, виконаних у вигляді бронзових або сталевих стаканів із загостреними кромками. У пластину 3 запресовані шпильки для проколювання 7, а гвинтами 11 до неї кріпиться трафарет 6, на торці якого нанесений малюнок, виконаний у вигляді гострих різальних кромок. Усередині матриць знаходяться сталеві пуансони 5 з отворами для проходу шпильок і трафаретів. Пуансони кріпляться шпильками 10 до дошки 12, яка віджимається до низу пружинами 13. Шпильками 9 до цієї дошки кріпиться віджимна дошка 4. Пружини 13 підбираються так, щоб вони перебували у частково стиснутому стані та тримали пуансони 5 висунутими з матриці.

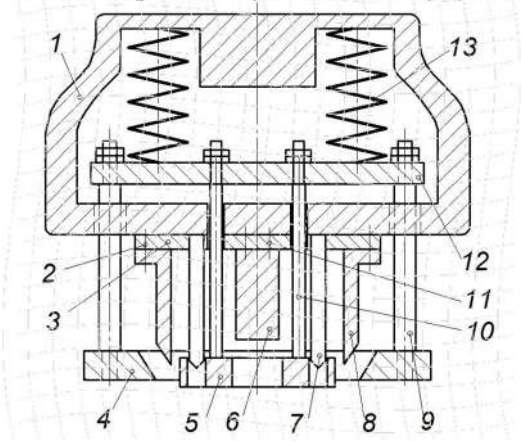


Рисунок 6.10. Штамп для пружного тіста:

1 – корпус; 2,11 – гвинти;
3 – пластина;
4 – віджимна дошка;
5 – пуансони;
6 – трафарет;
7 – шпильки для проколювання;
8 – матриця;
9,10 – шпильки;
12 – дошка;
13 – пружини.

Різальні кромки стакану матриці під час опускання штампу вдавлюються в тістову стрічку і висікають із неї заготовку печива. Під час входу в тісто шпильок 7 і трафарету 6 пуансони 5 залишаються на поверхні тіста, а пружини частково стискуються. На виході стакану з тіста пружини 13 розтискаються до свого вихідного положення і тримають пуансони 5 і віджимну дошку 4 на поверхні

тіста, забезпечуючи відривання заготовки печива від стінок стакану та залишаючи лежати їх на транспортерній стрічці.

У подібних штампах кількість шпильок береться з розрахунку одна шпилька на 1 см поверхні печива.

Роторна машина для формування цукрового печива. Роторні формувальні машини забезпечують одержання тістових заготовок із пластичного тіста іншим способом – за допомогою обертального руху.

На рисунку 6.11 показана принципова схема роторної машини для формування цукрового печива.

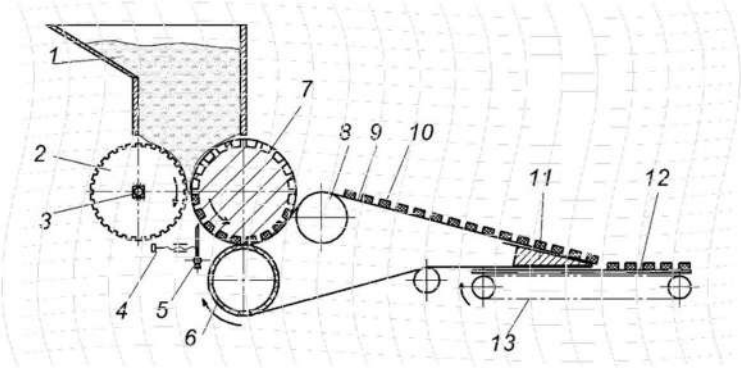


Рисунок 6.11. Роторна машина для формування цукрового печива:
1 – приймальний бункер; 2 – рифлений валок; 3 – рухомий підшипник; 4 – регулювальний гвинт; 5 – ніж; 6 – привідний барабан; 7 – формувальний ротор; 8 – напрямний ролик; 9 – стрічка транспортера; 10 – заготовка печива; 11 – пластина-ніж; 12 – трафаретний лист; 13 – ланцюговий транспортер.

Тісто завантажується в приймальний бункер 1, де захоплюється рифленим валком 6 і формувальним ротором 7. Ротор має вигляд циліндру з поглибленнями у формі заготовок для печива. Рифлений валок запресовує тісто у формочки. Ніж 5 зчищає з ротора зайве тісто, і воно залишається лише в заглибленнях. Відстань між ротором і валком може регулюватися, у результаті чого змінюється ступінь стискання тіста.

Для приймання тістових заготовок використовується стрічка 9. Вона рухається навколо провідного барабана 6, формувального ротора 7, напрямного ролика 8. Привідний барабан виконаний із

сегментів із гумовим покриттям. Він притискає стрічку до формочок ротора, заповнених тістом. Прилипання заготовок до стрічки виявляється більшим, ніж до формочок, тому із виходом стрічки від ротора разом з нею рухаються заготовки. Вони сходять зі стрічки, коли вона огинає пластину-ніж, і укладаються на стрічку конвеєра печі або на трафарети (листи). Робочі органи машини приводяться в рух від двигуна за допомогою пасової передачі та варіатора швидкості. Він регулює швидкість руху валків і транспортера. Точне налаштування швидкості стрічки відбувається зміною положення сегментів привідного барабана.

Для зміни асортименту печива потрібно замінити ротор, їх набір входить у комплект машини. У середньому на роторі розміщується 48 гнізд для печива. Частота обертання ротора 0,18 об/с. На практиці для оцінки ефективності роботи машини потрібно враховувати коефіцієнт зворотніх відходів, який показує відсоток якісних тістових заготовок і становить у середньому 0,85. Довжина ротора – до 0,85 м, діаметр 200–300мм. Продуктивність до 100 кг/год.

Приведемо методику розрахунків основних технічних показників роботи роторних формувальних машин.

Продуктивність за готовим печивом:

$$П = \frac{Z \cdot n \cdot C}{K}, \text{ кг/с},$$

де: Z – кількість гнізд на роторі;

n – частота обертання ротора, об/с;

C – коефіцієнт, що враховує наявність зворотніх відходів;

K – кількість печива в 1 кг.

Потужність приводу:

$$N = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot M}{1000 \cdot \eta}, \text{ кВт}$$

де: M – крутний момент для приводу вальців, *Н·м*;

n – частота обертання ротора, об/с;

η – коефіцієнт корисної дії приводу.

Пельменна машина. У м'ясопереробній промисловості одержали поширення пельменні та машини для формування котлет.

Пельменна машина призначена для дозування фаршу та виготовлення пельменів штампуванням.

Машина має 2, 3 або 6 формувальних барабани. Продуктивність кожного барабану 200 кг/годину.

Машина складається із прогумованої (або сталевої) стрічки 1 (рисунок 6.12, *а*), яка рухається між барабанами 2 і 3, двох бункерів: 4 – для фаршу і 5 – для тіста. У бункерах змонтовані гвинти, що подають у формувальну головку 6 тісто та фарш. З боку вивантаження фаршу передбачений також ексцентриково-лопатевий витискувач 7 з нагнітальною трубою 8, що подає фарш у середину формувальної головки, у зовнішній зазор якої трубою 9 надходить тісто.

З формувальної головки зі швидкістю, яка дорівнює швидкості руху стрічки, витісняється овальна, начинена фаршем трубка 10 з тіста, й укладається на спеціальні лотки 11, які подають цю трубку під формувальні барабани 12. Для запобігання прилипання тіста до штампів і лотків на останні подають борошно або змащують штампи жиром. В останньому випадку передбачають вентилятор 13 і механізм для змазування штампів 14. Вентилятор забезпечений нагнітальним патрубком 15 і розтрубом 16, що обдуває трубку і підсушує її поверхню.

Механізм змащення штампів включає резервуар для жиру і два валики 17 і 18. Штампувальні барабани 12 приводяться в дію стрічкою 1. Кожний барабан штампує два ряди пельменів. Стрічку підтримують барабани 19.

Формувальна головка (рисунок 6.12, б) має формувальне сопло 1, трубку 2 для підведення фаршу, колектор 3 для подачі тіста, дроселювальний клапан 4 з регулювальним гвинтом 5.

На рисунку 6.12 *в* зображена схема штампування: тут 1 – стрічка, що несе лоток 2 з тістовою трубкою 3; 4 і 5 – штампувальний та підтримувальний барабани.

Продуктивність пельменної машини:

$$Q = 0.001 \cdot 60 \cdot x \cdot z \cdot n \cdot g \quad \text{кг/год.}$$

де: x – число формувальних барабанів;

z – кількість штампувальних гнізд на барабані;

n – частота обертання штампувального диска, об/хв;

g – вага одного пельменя, г.

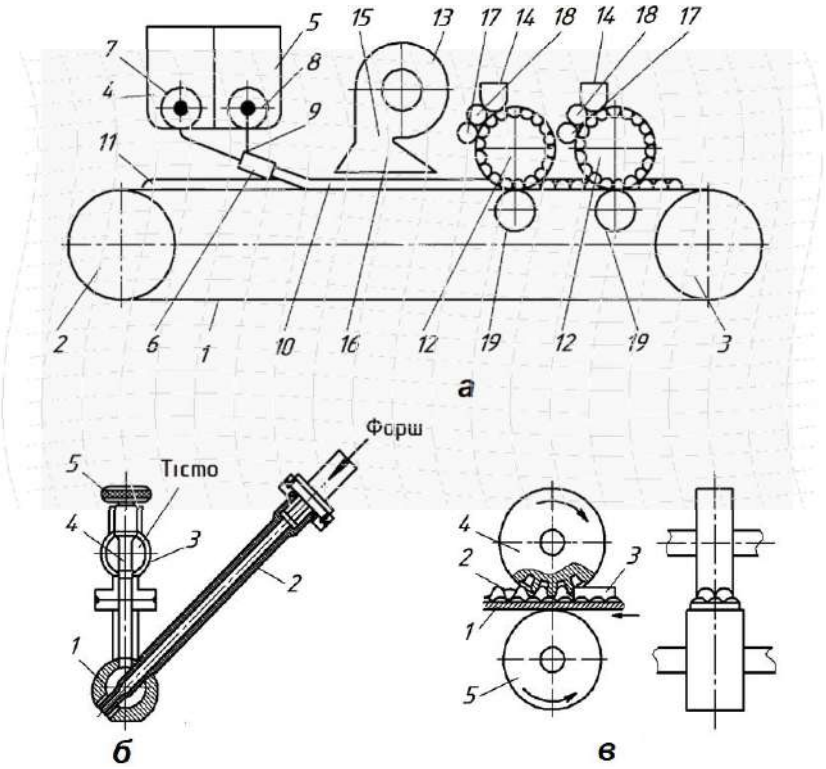


Рисунок 6.12. Пельменна машина:

а – конструкція машини:
1 – транспортерна стрічка; 2,3 – барабани; 4 – бункер для фаршу; 5 – бункер для тіста; 6 – формувальна головка; 7 – лопатевий витискувач; 8 – нагнітальна трубка; 9 – труба для тіста; 10 – трубка з тіста; 11 – лоток; 12 – формувальні барабани; 13 – вентилятор; 14 – механізм змазування штампів; 15 – нагрівальний патрубок; 16 – розтруб; 17, 18 – змащувальні валики; 19 – підтримувальні барабани.

б – **формувальна головка**:
1 – сопло; 2 – трубка для фаршу; 3 – колектор; 4 – дроселювальний клапан; 5 – регулювальний гвинт.

в – схема штампування:
1 – стрічка; 2 – лоток; 3 – тістова трубка; 4, 5 – штампувальний та підтримувальний барабани.

Роторна штампувальна машина для карамелі. Штампувальна машина для карамелі нарізає карамельний джгут на окремі вироби та надає їм різну форму.

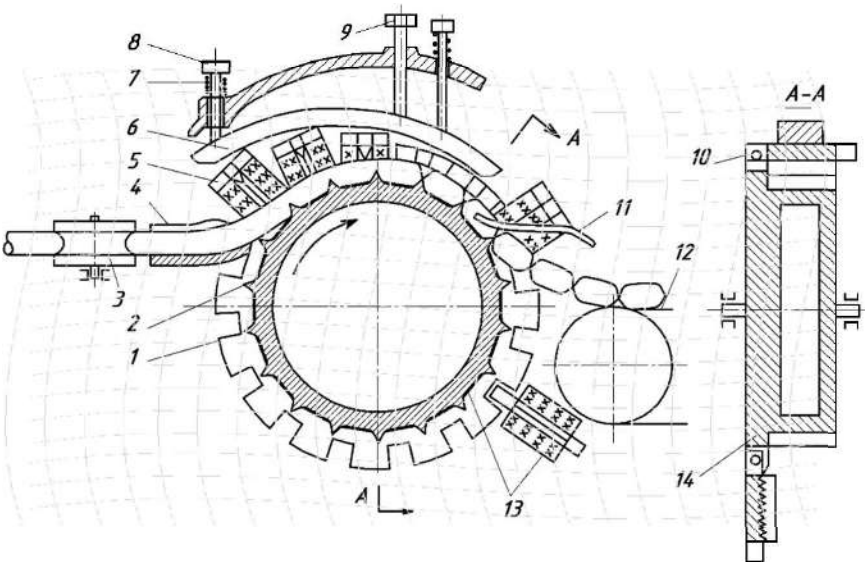


Рисунок 6.13. Роторна різальна машина для карамелі:
1 – формувальний барабан; 2, 5 – ножі; 3 – ролики; 4, 6 – напрямні; 7 – пружина; 8 – стержні; 9 – регулювальний гвинт; 10 – осі ножів; 11 – нерухома напрямна; 12 – транспортер; 13 – гравірування.

Карамельна маса у вигляді джгута після калібрування роликами 3 (рисунок 6.13) надходить на формувальний барабан 1 по напрямним 4. На його поверхні нерухомо закріплені ножі 2 і ножі 5, шарнірно закріплені на осях 10 на барабані 1. Шарнірні ножі наближаються до ножів 2 по напрямній 6, яку підтримують стержні 8, що опираються на пружини 7. Положення напрямної регулюють гвинтом 9. Нерухомі напрямні 11 відводять шарнірні ножі після формування. Для виконання малюнку на виробі барабан і шарнірні ножі мають гравірування 13.

Сформовані вироби надходять на транспортер 12.

Конструкція машини не дозволяє застосовувати більші швидкості для штампування, тому що відцентрова сила та зростаюча сила різання викликають велике напруження.

На роботу машини впливають температура і вологість карамельного джгута, які повинні бути відповідно 70 °С і 2%.

Перехід від однієї форми карамелі до іншої проводиться зміною барабана.

Ланцюгова штампувальна машина для карамелі. Призначена для формування виробів з карамельної маси.

На рисунку 6.14 представлена принципова схема ланцюгової штампувальна машина.

Карамельний джгут після витягувальної машини та калібрувальних роликів подається на напрямну 2 і в зазор між ножами верхнього і нижнього ланцюгів.

Машина складається із двох привідних зірочок 7 на стойці 9, і двох напрямних роликів 3 на стойці 1, якими рухається нижній і верхній ланцюги з ножами. Зірочки встановлені таким чином, що зазор між формувальними ножами ланцюгів поступово зменшується. Зближення ножів регулюється гвинтами 5, які переміщають полозки 6, що служать напрямними для ланцюгів.

Натяг ланцюгів проводиться переміщенням стойки 1 гвинтом 11, який угвинчується в гайку 12.

На ланцюзі (рисунок 6.14 б) розташовані ножі 2 з вусиками 3. Ножі та з'єднувальні ланки 1 одягнуті на вісь 4. Під час руху верхні та нижні ланцюги зближаються, обрізають замкнений об'єм, у якому штампується карамель певної форми, яка надходить на лоток 8 і охолоджувальний транспортер.

Штампувальні ланцюги рухаються зі швидкістю 0,7–1,1 м/с. Потужність приводу 1,7 кВт.

Продуктивність машини:

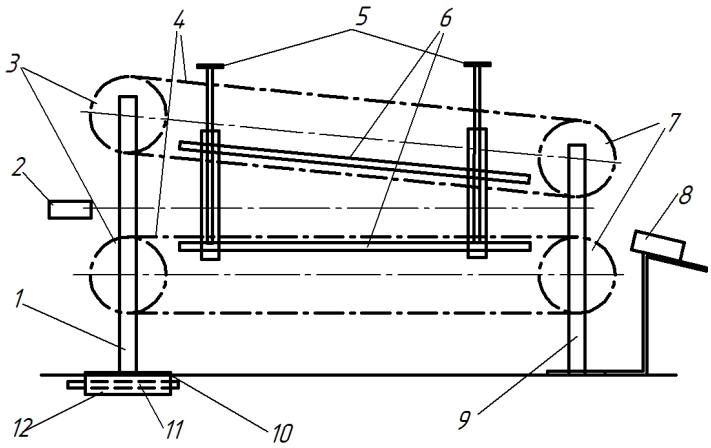
$$Q = \frac{V \cdot c}{k \cdot s}, \text{ кг/с}$$

де: V- швидкість руху ланцюга, м/с;

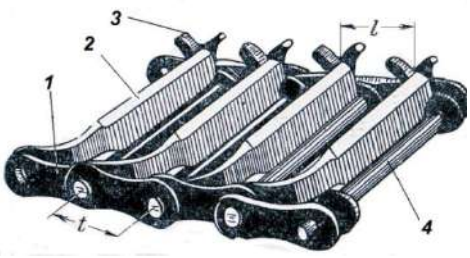
c- коефіцієнт використання машини;

k – кількість виробів в 1 кг, шт;

s – крок ножів.



а



б

Рисунок 6.14. Ланцюгова штампувальна машина для карамелі:
а – схема машини:
1, 9 – стойки;
2 – напрямна;
3 – напрямні зірочки;
4 – нижні та верхні формувальні ланцюги;
5 – регулювальні гвинти;
6 – полозки;
7 – привідні зірочки;
8 – лоток;
10 – штурвал;
11 – натяжний гвинт;
12 – гайка;
б – ланцюг:
1 – з'єднувальні ланки;
2 – ножі;
3 – вусики;
4 – вісь.

6.4. Обладнання для формування харчових продуктів екструзією

Методом екструзії формуються ковбасні вироби, дозується і формується масло і сири, утворюються хлібні палички та соломка. Найпоширеніше таке обладнання в макаронній і кондитерської промисловості.

Розрізняють такі види екструзії:

Холодна екструзія – відбуваються лише механічні зміни в продукті внаслідок його повільного руху під тиском, і формування цього продукту з утворенням заданих форм.

Тепла екструзія – разом з механічним відбувається тепловий вплив на продукт, і продукт підігрівається зовні.

Гаряча екструзія – процес відбувається за високих швидкостей і тиску, значному переході механічної енергії в теплову, що призводить до різних змін у якісних характеристиках продукту.

Оброблюваний матеріал є пластичною масою, в'язко-пружною неньютонівською рідиною зі складними реологічними параметрами, які можуть змінюватися в процесі оброблення. Типові матеріали – тісто із пшеничного борошна, карамельна та ірисна маса. Процес формування складається з утворення під тиском суцільного джгута із продукту, який потім ділиться на окремі вироби.

Основні частини екструдера: нагнітальний пристрій, матриця і механізм поділу на окремі заготовки.

Нагнітальний пристрій створює у продукті тиск, достатній для того, щоб проштовхнути його крізь отвори в матриці з потрібною швидкістю. Надлишковий тиск досягається за допомогою таких способів нагнітання: поршневого, валкового, лопатевого, зубчастого, шнекового, пневматичного.

Вибір нагнітача визначає якість виробів. Він залежить від властивостей оброблюваного матеріалу та вимог до кінцевого продукту. Валкові та поршневі нагнітачі мають найменший руйнувальний вплив на продукти, які мають внутрішню суцільну просторову структуру або ніжну консистенцію.

Валкові нагнітачі використовуються для одержання стрічок з матеріалів, їх доцільно комплектувати матрицями прямокутної подовженої форми. До їхніх недоліків потрібно віднести чутливість до стабільності подачі матеріалу, тобто до висоти стовпа продукту над вальками.

Поршневий нагнітач має періодичний принцип дії. Використовується він там, де процес потребує одночасного відмірювання порції матеріалу під час дозування.

Зубчасті нагнітачі – безперервної дії. Вони використовуються для нагнітання однорідних, без твердих включень, гомогенних матеріалів, які не руйнуються під час перемішування. Внаслідок особливостей конструкції на виході з зубчастого нагнітача виникає пульсація тиску продукту.

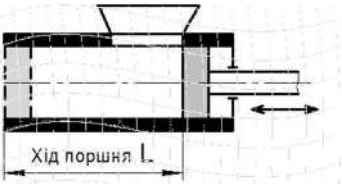
Шнекові нагнітачі одержали широке поширення через такі позитивні особливості: утворення постійного, без пульсацій, тиску, можливість під час нагнітання одночасного проведення додаткових технологічних операцій – перемішування, видалення включень повітря, подрібнення. Для якісної роботи шнеків має значення підбір матеріалу пари «шнек – корпус». Вони повинні бути такі, щоб тертя матеріалу по внутрішній поверхні корпусу було більшим, ніж його тертя по лопаті шнека. Тоді матеріал буде рухатися уздовж камери, а не обертатися разом зі шнеком.

Розглянемо основний показник роботи нагнітачів різних типів – **продуктивність:**

1. **Поршневий нагнітач:**

$$П = F \cdot L \cdot n \cdot \rho \cdot K \ , \text{кг/с}$$

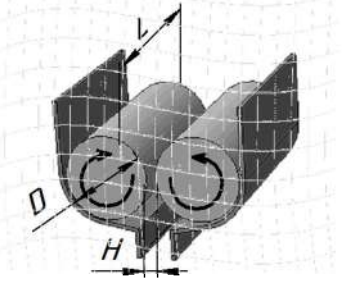
де: F – площа поверхні поршня, $м^2$;
L – хід поршня, $м$;
n – частота ходів поршня, $с^{-1}$;
ρ – густина тіста, $кг/м^3$;
K – коефіцієнт повернення продукту в приймальну воронку нагнітача.



2. Валковий нагнітач:

$$П = B \cdot H \cdot \pi \cdot D \cdot n \cdot \rho \cdot K \ , \text{кг/с}$$

де: B – довжина валків, $м$;
H – зазор між валками, $м$;
D – діаметр валків, $м$;
n – частота обертання валків, $с^{-1}$;
ρ – густина тіста, $кг/м^3$;
K – коефіцієнт заповнення зазору.



3. Лопатевий нагнітач (див. рис. 6.17):

$$П = \pi \cdot A^2 \cdot B \cdot n \cdot \rho \cdot K \text{ кг/с},$$

де: A – довжина лопаті, *м*;

B – ширина лопаті, *м*;

n – частота обертання лопаті, c^{-1} ;

ρ – густина продукту, $кг/м^3$;

K – коефіцієнт заповнення продукту.

4. **Зубчастий нагнітач** (див. рис. 6.18):

$$П = 2 \cdot \pi \cdot L \cdot n \cdot m^2 \cdot \rho \cdot \left(Z + \sin^2 \alpha\right), \text{ кг/с}$$

де: L – робоча довжина ротора, *м*;

n – частота обертання ротора, c^{-1};

m – модуль зубців;

ρ – густина продукту, $кг/м^3$,

Z – кількість зубців зубчастого ротору;

α – кут зчеплення передачі, *град*.

5. **Шнековий нагнітач** (див. рис. 6.20):

$$П = \frac{\pi \cdot M \cdot n \cdot \rho \cdot \left(R_2^2 - R_1^2\right)\left(S - \left(B_1 + B_2\right)\right)}{2 \cdot \cos\alpha} K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \text{ кг/с}$$

де: M – кількість заходів шнеку;

R_2 – зовнішній радіус шнеку, *м*;

R_1 – внутрішній радіус шнеку, *м*;

S – крок гвинтової лопаті шнеку, *м*;

B_1 – ширина гвинтової лопаті шнеку в нормальному перерізі по внутрішньому радіусу, *м*;

B_2 – ширина гвинтової лопаті шнека в нормальному перетині по зовнішньому радіусу, *м*;

n – частота обертання шнеку, c^{-1};

ρ – густина тіста, $кг/м^3$;

α – кут підйому гвинтової лопаті по середньому діаметру шнеку, *град*;

K_1 – коефіцієнт заповнення порожнини шнеку тістом;

K_2 – коефіцієнт пресування;

K_3 – коефіцієнт, що враховує зменшення подачі тіста під час коливання його реологічних властивостей.

Переріз джгута визначається формою та розмірами отворів матриці. Джгут може бути суцільний або з отворами, за формою – круглий, прямокутний, плоский та фігурний.

Матеріал матриць повинен мати антиадгезійні властивості, бути стійким до корозії. Найчастіше використовуються латунь, бронзу, нержавіючу сталь, полімерні матеріали, фторопласт. Отвори в матрицях шліфуються та хромуються. Виготовляються також вставки з полімерних матеріалів з низьким коефіцієнтом тертя, наприклад, із тефлону.

Як правило, у комплект екструдера входять кілька матриць із різними отворами, тому передбачені пристрої для їхньої заміни.

Розрахунок матриці полягає у визначенні її геометричних розмірів, які повинні забезпечити задану пропускну здатність. Спочатку визначається сумарний живий переріз формувальних отворів:

$$\Sigma f = \frac{П \cdot К}{V \cdot \rho} \cdot \frac{(100 - W_T)}{(100 - Wвир)}, \; м^2$$

де: *П* – продуктивність преса, *кг/с*;

К – коефіцієнт корисної дії матриці;

W_T – вологість тіста,%;

$W_{вир}$ – вологість виробів,%;

V – швидкість випресовування, *м/с*;

ρ – густина тіста, $кг/м^3$.

На другому етапі розраховується площа матриці:

$$F = \frac{\Sigma f}{K_f}, \; м^2$$

де K_f – коефіцієнт живого перерізу матриці.

Кінцевий етап – визначення діаметру матриці:

$$D = \sqrt{\frac{F}{\pi}}, \; м$$

6.4.1. Екструдери з поршневим нагнітанням

До цієї групи відносяться ряд тістоподільних машин.

У тістоподільних машинах вибродженe хлібопекарське тісто веде себе як пластично-в'язка рідина, що стискається.

Густина тіста під час стискання зростає, а після зняття навантаження повертається до значення, близького до початкового. Найбільшої густини тісто досягає за тиску 0,2–0,3 МПа. Під час подальшого підвищення тиску ущільнення незначне, і тісто поводиться практично як рідина, яка не стискається. Після зняття навантаження густина тіста збільшується приблизно на 3% незалежно від ступеня ущільнення під час стискання.

Тістоподільні машини з поршневим нагнітанням мають переваги перед іншим обладнанням, коли потрібно одержати заготовки невеликої маси, для яких має значення точності поділу.

Через періодичний рух поршнів, їх продуктивність обмежується приблизно 20 циклами за хвилину, для її збільшення в одній машині встановлюють подільні головки із двома або чотирма мірними кишенями.

Тістоподільна машина з поршневим нагнітанням (рисунок 6.15). У цих тістоподільних машинах стиснення відбувається внаслідок зворотно-поступального руху нагнітального поршня, заслінки та різальної заслінки. Продуктивність таких машин обмежена 20-ма циклами на хвилину.

Тістоподільна машина використовується для формування заготовок дрібноштучних виробів із пшеничного тіста. Для поділу тіста використовується двохкишенькова подільна головка із поршнями та механічним створенням вакууму для заповнення камери стискання тістом.

Машина змонтована із двох литих станин, які закріплені між собою валами. Вали обертаються в підшипниках, які вставлені в отвори литих станин. На станині зверху розташована воронка бункеру 2, а над бункером – живильна воронка. Тісто подається в живильну воронку, а потім у бункер. Камера стискання 3 розташована під воронкою бункеру 2 і кріпиться до станини болтами. Сюди тісто надходить за допомогою вакууму, який створюється під час руху головного поршня. Головний поршень 5, ніж 4 за допомогою важелів здійснюють зворотно-поступальний рух у камері стискання. За допомогою пружинного демпфера 20 змінюється хід головного поршня нагнітання. Головний поршень подає тісто до подільної воронки, де ніж відрізає його шматки. Цей рух здійснюється за допомогою колінчатого валу 17. До камери стискання прилягає подільна головка 6, у якій перебувають два мірні

поршні 7 і ніж для точного поділу шматків тіста вагою від 110 до 1250 грамів. З їхньою допомогою шматки тіста подаються на транспортер 10, який рухається зі швидкістю в 6 раз меншою, ніж швидкість основного транспортера. Швидкість руху основного транспортера синхронізується з кількістю заготовок.

Виштовхувачі тістових заготовок 15 служать також як упори для мірних поршнів під час нагнітання тіста з камери.

Механізм регулювання маси заготовок дозволяє здійснювати цю операцію під час руху машини.

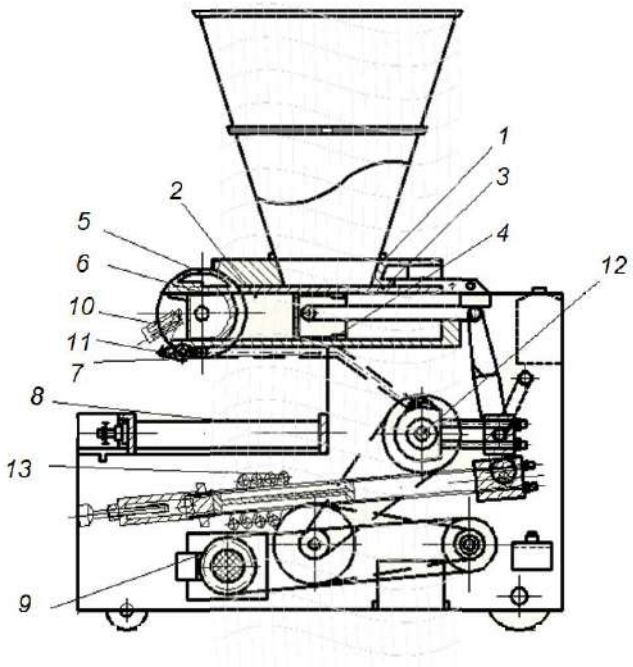


Рисунок 6.15. Тістоподільна машина з поршневим нагнітанням:
1 – жолоб бункера; 2 – всмоктувальна камера; 3 – ніж;
4 – головний поршень; 5 – заслінка тістоподільної головки;
6 – мірний поршень; 7 – важіль подільної головки; 8 – транспортер;
9 – привід; 10 – регулятор маси; 11 – виштовхувач тістової заготовки;
12 – колінчатий вал; 13 – пружинний демпфер.

Відсаджувальні машини. Машини, які формують вироби циклічним видавлюванням пластичної маси через профільні насадки

на рухому або нерухому поверхню, називаються відсаджувальними. Відсаджувальні машини виготовляють зі шнековими, зубчастими, валковими та поршневими нагнітальними механізмами.

Відсаджувальна машина для формування виробів із тіста для здобного печива і пряників, марципана, праліне і нуги (рисунок 6.24).

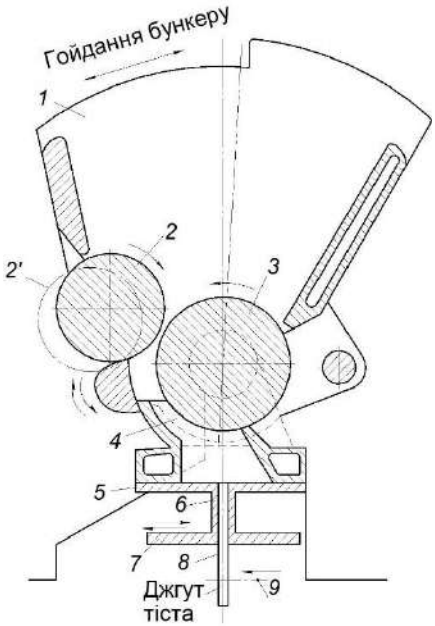


Рис. 6.16. Схема відсаджувального механізму:
1 – бункер;
2, 3 – нагнітальні валки;
4 – нагнітальна камера;
5 – формувальна матриця;
6 – гнучкий шланг;
7 – рухома формувальна матриця;
8 – насадка;
9 – рухома струна.

У нижній частині бункера 1 розміщено два нагнітальні валки 2 і 3. Валок 3 обертається в стаціонарно закріплених підшипниках, а валок 2 додатково переміщається відносно валка 3 (положення 2'). Під валками розташована нагнітальна камера 4, до якої знизу прикріплена нерухома формувальна матриця 5. Бункер робить коливальний рух навколо осі валка 3. Під час руху бункера ліворуч валок 2 відходить від валка 3, під час руху бункера праворуч валки зближуються, нагнітають тісто в камеру і випресовують його через отвори формувальної матриці 5. Через гнучкий шланг 6 тісто надходить до рухомої формувальної матриці 7 і далі через насадку 8 або фігурні отвори в матриці виходить назовні на трафаретний лист, що перебуває на ланцюговому транспортері.

Під час відсаджування рідких сортів тіста валки нагнітають одну дозу тіста а потім повністю зближаються та зупиняються. Під час

відсаджування густих сортів тіста валки обертаються безперервно. У цьому випадку тісто виходить із формувальної матриці у вигляді безперервних джгутів, які ріжуться на окремі частинки рухомою струною 9.

Рухома матриця 7 під час відсаджування тіста одержує складний рух у горизонтальній площині від пантографа. Стіл з транспортером рухається у вертикальному напрямку від кулачкового механізму. Комбінація складного горизонтального руху матриці та вертикального руху стола, а також конфігурація формувальних насадок матриці дозволяє одержати різні форми виробів. Стінки бункера та нагнітальної камери мають водяні сорочки для підтримування необхідної температури тіста.

Зефіровідсаджувальна машина (рисунок 6.17) призначена для відсаджування на дерев'яні лотки половинок зефіру, що мають форму «мушлі» або «пиріжка».

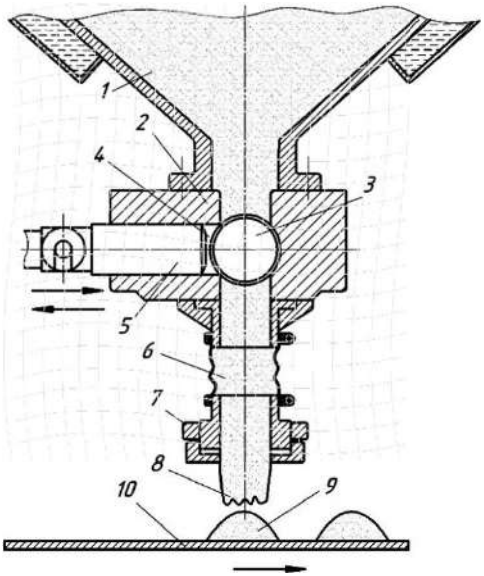


Рисунок 6.17. Зефіровідсаджувальна машина

Дерев'яний лоток 10 встановлюють на дволанцюговий транспортер. Ланцюги транспортера переміщують лоток по напрямних під насадки 8 відсаджувального механізму 6,

розташованого під завантажувальним бункером 1, нижня частина якого має сорочку для обігріву.

Поршневий дозувальний механізм кріпиться до бункера і складається з корпусу 2, золотника 3 мірних циліндрів 4 із плунжерами 5, що виконують повільний зворотно-поступальний рух, планки 7 з гофрованими трубками 6 і зубчастими насадками 8. Золотник під час видавлювання маси через насадку повертається за годинниковою стрілкою на кут 90°. Число камер золотника 3, мірних циліндрів 4, плунжерів 5 і гофрованих трубок 6 із насадками 8 дорівнює шести.

Під час повільного руху плунжера 5 із мірного циліндра зефірна маса повинна заповнити простір, що звільняється, не відстаючи від плунжера. Між плунжером і зефірною масою тиск не повинний бути менше атмосферного. Зефірна маса повинна заповнити мірні циліндри лише під дією гідростатичного тиску. У мірному циліндрі не повинно створюватися розрідження, тому що це неминуче призведе до руйнування піноподібної структури зефірної маси.

Під час руху поршня всередині мірного циліндра маса видавлюється через гофровані трубки та зубчасті насадки, за такої умови маса має рифлену поверхню. Наприкінці видавлювання насадка відривається від маси, що перебуває на лотку 10 і виріб отримує форму мушлі 9.

6.4.2. Екструдери з вальцьовим нагнітанням тіста

Ці машини застосовуються для поділу тіста із пшеничного борошна, цукерок, бісквіту.

Вальцьові нагнітачі мають більш високі технічні характеристики в порівнянні зі шнековими та зубчастими нагнітачами: менша витрата енергії, менше нагрівається матеріал у процесі нагнітання, і, що суттєво, вони забезпечують рівномірне нагнітання маси по всій ширині матриці за досить високої продуктивності та економічності процесу.

Машина для формування пряників (рисунок 6.18) складається зі станини *1,* завантажувальної воронки *3,* усередині якої розташована пара рифлених валків, які періодично обертаються назустріч один одному *2,* та служать для нагнітання тіста у

формувальну матрицю *5*, і ножів *4* для очищення валків від тіста. Під матрицею розташований механізм для відрізання тістових заготовок, що складається із двох повзунів 7, що рухаються по напрямних стержнях *8*. До повзунів прикріплений валик з пальцями *6,* між якими натягнутий тонкий сталевий дріт-струна *11*.

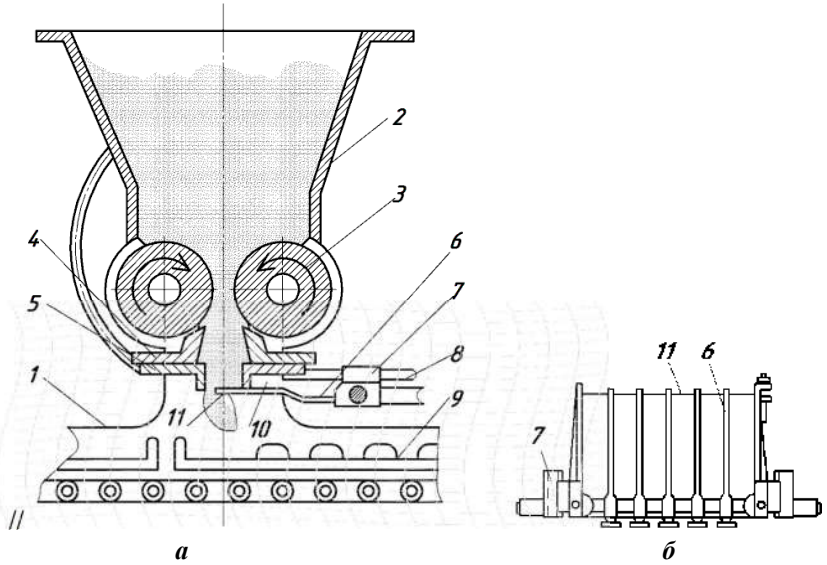


Рисунок 6.18. Машина для формування пряників:
а – схема ділильного механізму; ***б*** – механізм для відрізання

Кількість пальців на один більше, чим отворів у матриці. Рух механізму для відрізання - зворотно-поступальний; під час відрізання тіста пальці притискають струну до матриці, а під час повернення – опускаються на 5 мм вниз. Відрізані тістові заготовки падають рядами на листи *10,* що періодично переміщуються ланцюговим транспортером. Перед пуском машини необхідно перевірити роботу механізму для відрізання, щоб ребра *10* формувальних отворів матриці були з боку механізму, струна ледь торкалася матриці, а пальці вільно проходили між формувальними отворами матриці.

Для цього відкидають тяги, що приводять у рух механізм для відрізання, надягають рукоятку ручного приводу, вручну

провертають привід машини, стежать за роботою відрізного механізму і, за необхідності, усувають ті або інші недоліки. Після регулювання механізму для відрізання знімають рукоятку, встановлюють на місце тяги, прокручують машину на холостому ходу, а потім завантажують воронку тістом.

Машина приводиться в рух від електродвигуна через черв'ячний редуктор, ланцюгову передачу і систему шатунно-кривошипних передач до нагнітальних валків, зв'язаних між собою зубчастою передачею, і до транспортеру, який у свою чергу зв'язаний важелями з механізмом відрізання.

Продуктивність машини становить від 170 до 370 кг/год. Число подвійних ходів струни – 40 за хвилину. Кількість отворів у матриці – від 4 до 6.

6.4.3. Екструдер з лопатевим нагнітанням тіста

Такий тип екструдера розглянемо на прикладі тістоподільної машини (рисунок 6.19). Вона призначена для поділу пшеничного тіста на шматки масою від 0,22 до 1,2 кг.

Тісто надходить із бункера 1 у тістову камеру 2, де воно захоплюється лопатями 4, і нагнітається до вхідного отвору ділильної головки 6, у якій вільно переміщується двосторонній поршень 8. На початку нагнітання заслінка 5 відкрита, і гази, що утримуються у тісті, виштовхуються назад у бункер. Потім заслінка закривається, і у тістовій камері створюється тиск тіста. Тиск регулюється заслінкою, яка у разі перевищення необхідного тиску піднімається, та надлишок тіста дроселюється назад у бункер.

За досягнення у камері необхідного тиску мірна кишеня 7 ділильної головки заповнюється тістом, відсуваючи поршень 9 у крайнє ліве положення. Потім подільна головка повертається на пів оберту, і мірна кишеня знову заповнюється тістом, переміщуючи поршень, який виштовхує відміряну порцію тіста. Порція тіста відрізається ножем 10, і відкидається обертальним валиком 11 на стрічковий транспортер 12.

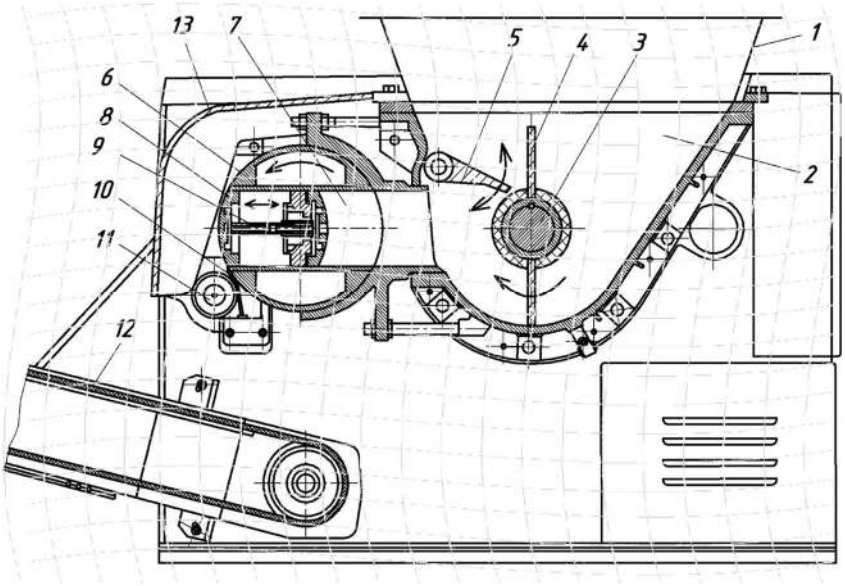


Рисунок 6.19. Тістоподільна машина :
1 – бункер; 2 – тістова камера; 3 – вал; 4 – лопаті; 5 – заслінка;
6 – подільна головка; 7 – мірна кишеня; 8 – двосторонній поршень;
9 – різьбова втулка; 10 – ніж; 11 – обертальний валик; 12 – стрічковий транспортер; 13 – огородження обертальних деталей;

Поршні закріплені на різьбовій втулці. Під час обертання втулки відстань між поршнями, і, відповідно, об'єм мірної кишені та маса тістової заготовки змінюються.

Усі обертальні деталі мають огородження 7.

6.4.4. Екструдери із зубчастим нагнітанням

Принцип дії роторно-зубчастого нагнітача під час безперервної роботі не відрізняється від принципу дії зубчастого насоса. Матеріал під час обертання роторів надходить у порожнини, утворені западинами роторів, і переноситься ними на сторону нагнітання. На стороні нагнітання відбувається витіснення рідини із западин зубцями сусіднього ротора.

Для роторно-зубчастих нагнітачів застосовують кругові, циклоїдально-кругові, подовжено-циклоїдальні та евольвентні профілі зубців. Найбільшого поширення одержали ротори з

евольвентним профілем зубців, перевага яких у тому, що евольвентна крива дозволяє досить просто і точно одержувати профілі зубців у процесі нарізання. Зуб з евольвентним профілем міцніший у порівнянні із циклоїдальним.

У конструкції **екструдера може** поєднуватися валкова подача і зубчасте нагнітання.

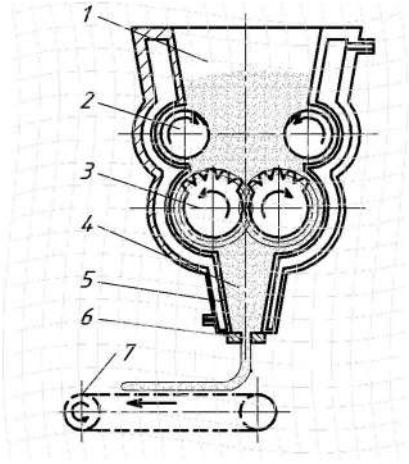


Рисунок 6.20. Схема роторно-зубчастого екструдера:
1 – приймальний бункер;
2 – рифлені вальці
3 – зубчастий нагнітач;
4 – передматрична камера;
5 – обігрівальна сорочка;
6 – формувальний канал;
7 – транспортерна стрічка.

Цукеркова маса завантажується в бункер 1 (рисунок 6.20), розміщений на корпусі живильника. У корпусі встановлені валки, поверхня яких рифлена для кращого захоплення маси, і набори зубчастих коліс. Сумарний вплив робочих органів приводить до того, що ущільнена маса нагнітається в передматричну камеру 4, далі у вертикальні формувальні канали 6. Перед каналами розміщені вертикальні перегородки, які заходять у проміжки між зубчастими колесами та розділяють передматричну камеру на індивідуальні ділянки із власним отвором формувального каналу. Зубчасті колеса перебувають у зачепленні, обертаються назустріч, і нагнітають масу в проміжок між зубцями та стінками камери. Об'єднання вальців і зубчастих коліс приводить до того, що тиск і швидкість формування однакові для всього набору формувальних каналів. Отриманий джгут 9 направляється на різання.

Продуктивність даного екструдера сягає 800 кг/год. Він має 22 отвори в матриці, потужність двигуна сягає 6 кВт.

6.4.5. Екструдери зі шнековим нагнітанням

Нагнітачі шнекового типу найбільш характерні для ектрузійної техніки.

До переваг шнекових нагнітачів відноситься безперервність процесу, стійкий, позбавлений пульсацій тиск, і рівномірний потік матеріалу, простота завантаження живильника матеріалом, можливість термостатування матеріалу під час його переміщення каналом шнека, можливість проводити одночасно технологічні операції змішування, диспергування, формування, дегазацію.

Основна визначальна характеристика шнека – його діаметр D, який вибирається залежно від виду і властивостей продукту, необхідної продуктивності та типу екструдату.

Важливою характеристикою шнека є відношення його довжини L до діаметра D. Для екструдерів, які використовуються у харчових виробництвах, це відношення перебуває в межах 6-13.

Інші розміри вибирають:

Крок гвинтової нарізки t = (0,7–1) D;

Діаметр валу шнека d = (0,44–0,57) D;

Кут нахилу гвинтової лінії φ різний за висотою каналу і змінюється від φ_{min} за діаметру D шнека до φ_{max} за діаметру d валу шнека. Зазвичай у розрахунках використовують $\varphi=\varphi_{max}$ зі співвідношення:

$$tg\phi = \frac{t}{\pi D}$$

Значення φ залежить від коефіцієнта тертя продукту по шнеку. Необхідно, щоб тертя матеріалу по внутрішній поверхні корпусу було більше тертя по поверхні шнека. Інакше матеріал буде обертатися разом зі шнеком, не переміщуючись в осьовому напрямку.

Для створення різних коефіцієнтів тертя матеріалу по шнеку і по внутрішній поверхні корпусу застосовують не лише різну чистоту оброблення поверхні, але і часто підтримують різну температури корпусу та шнека. Для цього використовують електричне нагрівання або сорочку, в яку подають теплоносій.

Внаслідок руху шнека відносно корпусу виникає вимушений потік матеріалу до формувальної головки.

З іншого боку, внаслідок опору у формувальній головці виникає протитечія.

Таким чином, якщо виключити можливість витоку матеріалу в кільцевому зазорі між корпусом і шнеком, продуктивність шнекового нагнітача дорівнює різниці витрат вимушеного і зворотного потоків.

Основними параметрами, що визначають величину вимушеної об'ємної витрати, є глибина та ширина каналу, діаметр шнеку й частота його обертання. Необхідною умовою існування цього потоку є збереження у матеріалі напруження зсуву, що можливо в тому випадку, якщо матеріал має певну в'язкість.

Умовою виникнення зворотного потоку є надлишковий тиск, який створюється опором голівки.

Величина об'ємної витрати протитечії залежить від глибини каналу, діаметру та довжини шнека, в'язкості матеріалу й величини тиску в головці.

Продуктивність шнекового екструдера визначається взаємодією нагнітача та формувальної головки, як сумарна витрата двох потоків.

Витратно-напірна характеристика нагнітача – це залежність створених ним витрат матеріалу Q від протитиску ΔP на виході.

Витратно-напірна характеристика формувального органу (матриці) – це залежність витрати Q через отвір матриці від тиску в передматричній камері.

Витратно-напірна характеристика шнекового нагнітача в координатах продуктивність-тиск повинна представляти собою лінію 1 під від'ємним кутом (рисунок 6.21).

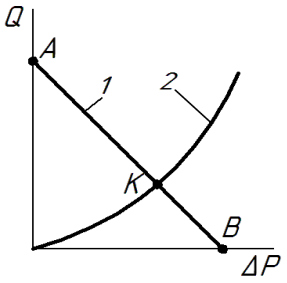


Рисунок 6.21. Витратно-напірна характеристика шнекового нагнітача

За відсутності протитиску в каналі продуктивність нагнітача максимальна (точка А). Зі збільшенням протитиску продуктивність зменшується до нуля (точка В). Вид витратно-напірної характеристики залежить від глибини каналу шнека.

Шнек із глибоким каналом більш чутливий до зміни тиску, чим шнек із каналом менш глибоким.

Витратно-напірна характеристика формувальної головки повинна проходити через початок координат (крива 2), тому що за нульового тиску в головці течія через матрицю відсутня. Зі збільшенням тиску

витрата через матрицю збільшується, за такої умови швидше для матриці з меншим опором, тобто з більшим діаметром отвору.

Аналіз витратно-напірних характеристик шнекового нагнітача і формувальної головки дозволяє визначити продуктивність екструдера і тиск на вході в матрицю.

Практично це рішення представлене точкою *К* перетину графіків робочих характеристик шнекового нагнітача та формувальної головки.

Шнекові нагнітачі призначені для безперервного видавлювання профільованих моделей нескінченної або обмеженої довжини через формувальну матрицю певного перерізу.

Вони застосовуються для формування виробів із пластичних кондитерських мас із підвищеним вмістом жиру (праліне, марципанова маса і т.п.), а також для розподілу на шматки тіста із житнього та пшеничного борошна II ґатунку.

Тістоподільна машина зі шнековим нагнітанням. Шнекові нагнітачі застосовуються в тістоподільних машинах різних модифікацій (рисунок 6.22).

Вони призначені для поділу тіста з житньо-пшеничного борошна на шматки масою 0,8–1,5 кг. Тісто з воронки 2 шнеком 3 нагнітається в мірну кишеню подільного барабану 4. Усередині мірної кишені розташований двосторонній поршень 5. Від тиску тіста поршень переміщається вниз, звільняючи кишеню для заповнення тістом. Після заповнення кишені подільний барабан за допомогою спеціального редуктора 10 повертається на 180°. Тісто, яке подається шнеком, створює тиск на двосторонній поршень і переміщує його вниз. Рухаючись, поршень виштовхує з кишені шматок тіста, одночасно звільняючи верхню частину мірної кишені для наступного заповнення.

Регулювання маси шматків тіста виконується зміною об’єму мірної кишені шляхом наближення або віддалення половинок поршня за допомогою регулювального гвинта 6.

Шнек 3 приводиться в рух безпосередньо від мотор-редуктора 7. Подільний барабан 4 приводиться в рух від двигуна-редуктора 7 через ланцюгову передачу 9, спеціальний редуктор 10 і проміжний вал 11.

Встановлення та фіксація положення подільника здійснюється за допомогою гвинтів 11.

Недолік тістоподільних машин зі шнековим нагнітанням – негативний вплив шнека на клейковинний каркас тіста із пшеничного борошна, який руйнується витками шнека. Після такого оброблення тісто втрачає свою здатність тримати форму. Тому використовують такі тістоподільні машини в основному для житнього тіста.

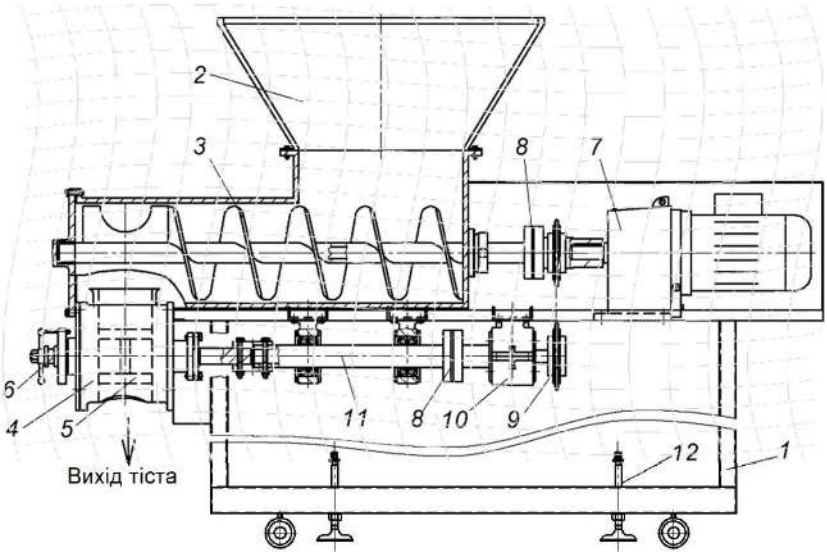


Рисунок 6.22. Тістоподільна машина зі шнековим нагнітанням:
1 – станина; 2 – завантажувальна воронка; 3 – шнек;
4 – подільна головка; 5 – двосторонній поршень;
6 – гвинт для регулювання відстані між половинками поршня;
7 – мотор-редуктор; 8 – муфта; 9 – ланцюгова передача;
10 – редуктор; 11 – вал; 12 – регулювальні гвинти.

Екструдер для кондитерських мас (рисунок 6.23).

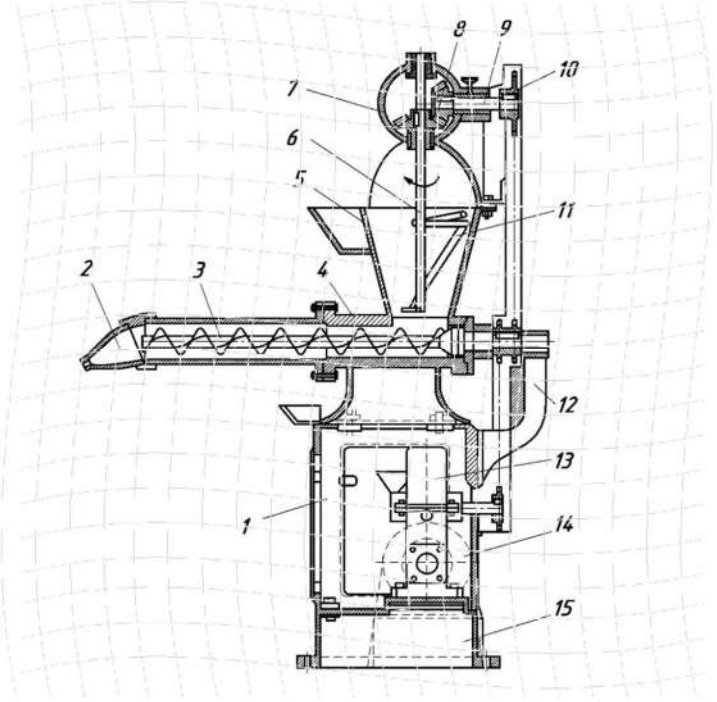


Рисунок 6.23. Екструдер для кондитерських мас

Екструдер складається із плити 15, станини 1 із кронштейном 12, електродвигуна 14, черв'ячного редуктора 13, корпусу 4 зі шнеком 3 і формувальною матрицею 2, головки 7 з парою конічних зубчастих коліс 8 і завантажувальної воронки 5 зі спіраллю 11.

Усередині головки 7 перебуває горизонтальний вал 9 з конічним зубчастим колесом і привідною зірочкою 10, вертикальний вал 6 з конічним зубчастим колесом і спіраллю. Спіраль 11 подає цукеркову масу в корпус 4 і безперервно перемішує її у завантажувальній воронці 5. Шнек 3 випресовує масу через формувальні канали матриці 2 у вигляді п'яти нескінченних джгутів, які після попереднього охолодження розрізаються на цукерки.

Макаронний прес. Основними компонентами для виробництва макаронних виробів є борошно та вода. Макаронне тісто відрізняється від звичайного низькою вологістю. Після замішування

воно сипке, має вигляд крихт, тому потребує надалі ущільнення для утворення однорідної пластичної маси. Перед випресовуванням із тіста необхідно вилучити повітря, тому що його включення знижують міцність макаронних виробів; вироби з повітряними порожнинами тріскаються під час висушування та розварюються під час варіння.

Розглянемо схему преса для виробництва макаронних виробів (рисунок 6.24). Борошно та вода з дозатора 1 подаються в камеру попереднього змішування 2, де компоненти рівномірно змішуються лопатками, закріпленими на валу.

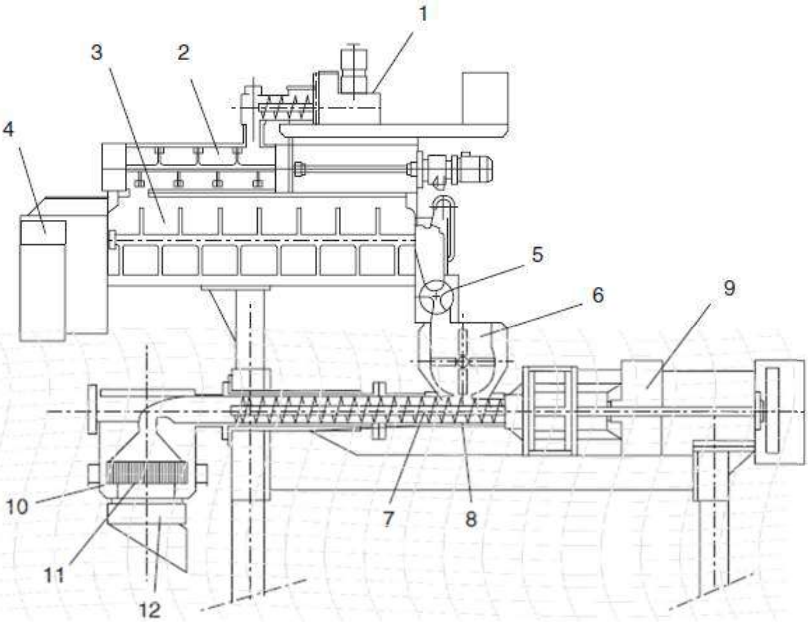


Рисунок 6.24. Макаронний прес:
1 – дозатор; 2 – камера попереднього змішування;
3 – тістомісильна камера; 4 – привод; 5 – капсулювальний пристрій;
6 – вакуумна камера; 7 – шнек; 8 – шнекова камера; 9 – привід шнеку;
10 – пресуючи головка; 11 – матриця; 12 – різальний механізм.

Отримана суміш потрапляє в тістомісильну камеру 3, де відбувається остаточне замішування. Тістомісильна камера виготовлена у вигляді корита, всередині якого розміщені вал з лопатками. Лопатки розміщені під кутом до осі валу, що сприяє руху

тіста вперед та переміщення в осьовому напрямку й інтенсивному змішуванню. На виході з камери змішування тісто має вигляд сипких крихт.

Далі тісто потрапляє у вакуумну камеру 6, де з нього видаляються пухирці повітря. Вакуум створюється за допомогою вакуум-насоса. Герметизацію вакуумної камери забезпечує вакуумний затвор 5, який не пропускає повітря з камери змішування.

З камери змішування тісто подається в шнекову камеру 8, де йому надається однорідна пружно-пластичної структура. Шнек 7 ущільнює тісто та подає його в пресувальну головку 10 з матрицею 11. Через отвори в матриці тісто випресовується. Сирі макаронні вироби, сформовані через матрицю, розрізаються на потрібну довжину за допомогою різального пристрою 12.

Вироби під час випресування можуть злипатися, тому їх обдувають повітрям.

6.4.7. Екструдери з пневматичним нагнітанням

Розглянемо на прикладі **автомата для приготування смажених пиріжків** (рисунок 6.25).

Автомат складається з комплексу машин і механізмів, що виконують формування заготовок пиріжків, їх вистоювання та обсмажування.

Тісто з екструдера 2 під дією стисненого повітря 120–150 кПа подається в дозатор 9 із вільним поршнем і далі у формувальний патрон 5, де утворює трубку з тіста. Одночасно із конусного живильника 8 начинка конічним шнеком 7 подається в другий аналогічний дозатор 6 і заповнює внутрішню порожнину формувального патрона.

Порції начинки подаються переривчасто, це сприяє розташуванню начинки в середній частині тістової трубки. У момент припинення виходу трубки з формувального патрону ніж 2 відрізає від неї рівні частини.

Сформована тістова заготовка надходить на рухому сталеву стрічку приймального транспортера 4. Після розміщення на стрічці трьох заготовок вони зіштовхуються скидачем у колиски вистійного конвеєра 3, де вистоюються до 20 хв, і надходять далі на обсмажування у гарячій олії.

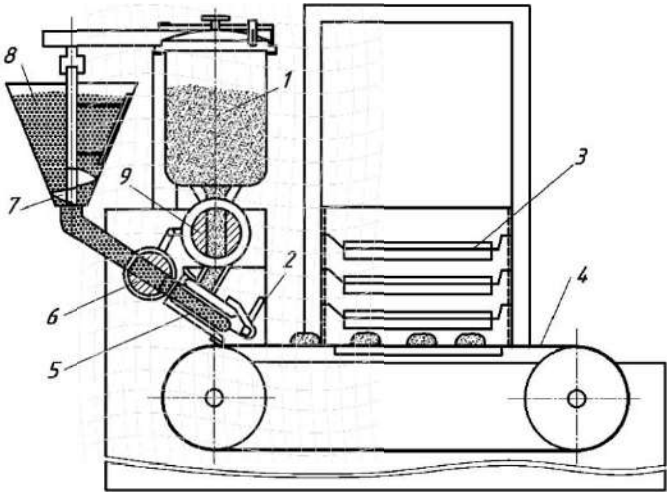


Рисунок 6.25. Автомат для приготування пиріжків:
1 – бачок для тіста; 2 – ніж; 3 – колиски вистійного транспортеру;
4 – приймальний транспортер; 5 – формувальний патрон;
6 – дозатор начинки; 7 – шнек; 8 – живильник; 9 – дозатор тіста.

6.5. Обладнання для формування харчових продуктів округленням, розкочуванням, закочуванням і витягуванням

Це обладнання поширене в хлібопекарському та кондитерському виробництві для формування тістових заготовок і кондитерських виробів.

Округлення і закочування шматків тіста досягається тим, що вони обкочуються між двома робочими поверхнями, що рухаються одна відносно іншої, та піддаються одночасно певному тиску.

Форма тістової заготовки визначається видом готового хліба. Тому для круглих виробів форма заготовки – куляста; для витягнутих батоноподібних виробів – циліндрична або сигароподібна.

Формування округленням відбувається під впливом двох робочих поверхонь, які перебувають у взаємному відносному русі, впливають на тістову заготовку і забезпечують її переміщення у двох взаємно перпендикулярних площинах, що необхідно для надання тістовій заготовці круглої форми.

Як правило, одна з робочих поверхонь машини переміщує заготовку в одному напрямку, інша – формувальна, встановлена під кутом до несучої, змінює напрямки переміщення заготовки. Зусилля деформації, форма і час округлення залежать від кута нахилу та конфігурації формувальної поверхні.

На рисунку 6.26 наведені найпоширеніші способи округлення тістових заготовок.

1. Зі стрічковою поверхнею, яка транспортує заготовку і формувальною у вигляді ринви (рисунок 6.26 а). Формувальна поверхня розташована під кутом до несучої поверхні. Інтенсивність оброблення і форма заготовки залежать від кута взаємного розташування поверхонь. До недоліків машини необхідно віднести громіздкість конструкції.

2. Із циліндричною поверхнею, яка транспортує заготовку та спіральною формувальною поверхнею (рисунок 6.26 *б)*. Машини використовуються для формування заготовок масою 0,8–2,0 кг із пшеничного тіста. Округлювальні машини цього типу мають порівняно з іншими найбільшу формувальну ділянку. Довжина шляху, яким прокочується заготовка, досягає 4,5 метри. Тісто подається в машину знизу, тістова заготовка виходить вгорі.

Недолік машини – відхилення заготовки від сферичної форми. Це відбувається внаслідок її недостатнього обертання навколо горизонтальної осі, яке здійснюється за рахунок її вертикального переміщення на циліндричній поверхні.

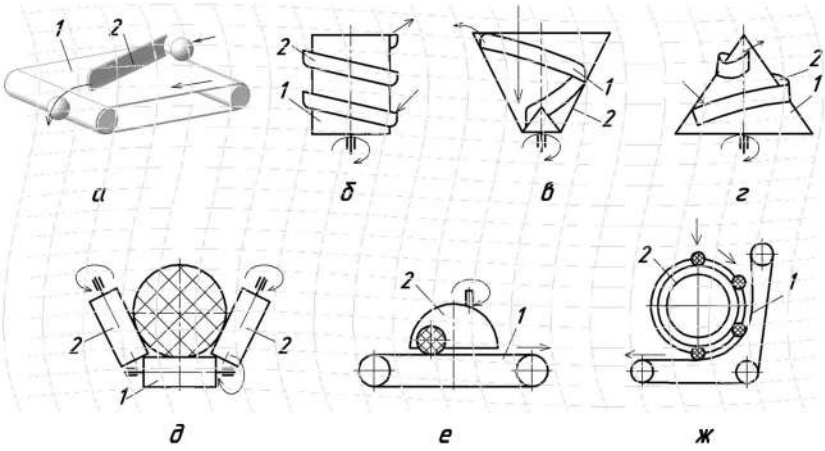


Рисунок 6.26. Схеми робочих органів тістоокруглювальних машин:
1 – поверхня, яка транспортує заготовку; 2 – формувальна поверхня.

3. З конічною поверхнею, яка транспортує заготовку та внутрішньою спіральною формувальною поверхнями (рисунок 6.26 *в)*. Машини широко використовуються для оброблення заготовок масою від 0,1 до 1,2 кг, що пояснюється їхньою простотою. Вони мають досить коротку формувальну ділянку і невеликі можливості її регулювання.

Механічний вплив на заготовку під час оброблення порівняно недостатній, тому форма заготовки частково відрізняється від кулі.

Ступінь округлювання регулюється за рахунок зміни довжини шляху, який проходить заготовка. Для цього змінюється початкове місце, в яке подається заготовка.

4. З конічними поверхнею, яка транспортує заготовку і зовнішньою спіральною формувальною поверхнею (рисунок 6.26 *г)*. Вони використовуються для формування заготовок масою 0,4–1,8 кг із пшеничного тіста. Машини можуть мати дві та більше формувальних спіралей, якими послідовно проходить заготовка.

Довжина шляху округлювання регулюється так само, як у попередньому випадку.

5. З горизонтальною стрічковою поверхнею для транспортуванняння заготовки та двома нахиленими стрічковими формувальними органами (рисунок 6.26 *д)*. Функції транспортувального та формувального органів виконують стрічкові транспортери із гнучкою стрічкою. Для забезпечення якісного округлювання всі транспортери приводяться в рух із різними швидкостями та у різних напрямках. Заготовка, яка рухається між ними, обертається у всіх площинах, пройдений нею сумарний шлях у кілька разів перевищує довжину робочої ділянки машини. Внаслідок такого впливу поверхня заготовки отримує інтенсивний механічний вплив, але її форма трохи відрізняється від сферичної.

6. З горизонтальною стрічковою поверхнею для транспортування заготовки і сферичним формувальним органом (рисунок 6.26 *в)*. Машина призначена для округлювання заготовок дрібноштучних виробів, до яких відносяться булочки масою 50–150 г. Попереднє формування заготовок для таких виробів здійснюється на багаторядних машинах і відбувається шляхом валковим нагнітачем стрічки тіста, яку відрізають обертальним ножем.

Подавальний транспортер рухається періодично, довжина одного пробігу дорівнює кроку між тістовими заготовками за довжиною. Сферична формувальна поверхня – чаша з вертикальною віссю обертання, яка не збігається з геометричною віссю чаші, періодично опускається на шматок тіста, робить обертово-поступальні рухи, а потім піднімається. Таких чаш на шляху заготовки розташовано 4–6, тому округлення відбувається багаторазово. Конструктивно така округлювальна машина компонується у один блок із тістоподільною машиною, тому вони працюють узгоджено.

Інтенсивність механічного оброблення заготовки можна регулювати шляхом зміни відстані між сферою і транспортером, а довжину регулюють, змінюючи кількість рядів сфер на формувальній плиті. Багаторазове оброблення заготовок приводить до того, що форма їх близька до ідеальної кулі.

7. З транспортувальним органом у вигляді барабану і формувальним – у вигляді стрічкового транспортеру (рисунок 6.26 *ж)*. Формувальною поверхнею в цьому випадку є транспортерна стрічка, яка огинає барабан. Барабан має гнізда, у які попадають

тістові заготовки. Під ним усередині перебуває циліндричний піддон, на який заготовки опираються. Транспортерна стрічка утримує шматки тіста в гніздах, а також провертає їх навколо горизонтальної осі за рахунок різниці швидкостей транспортувального барабану і стрічкового транспортера. Такі округлювальні машини, як попередня модель є багаторядними та розраховані на тістові заготовки із пшеничного тіста масою 40-120 грам. Конструктивно вони об'єднані з подільним механізмом у один агрегат. Регулювання впливу на тісто відбувається шляхом зміни зазору між барабаном і стрічкою транспортера, а також набором змінних барабанів.

Тістоокруглювальна машина із конічною транспортувальною та внутрішньою спіральною формувальною поверхнями (рисунок 6.27). Призначена для округлювання тістових заготовок із пшеничного тіста масою 0,2–1,0 кг. Машина такого типу проста і компактна.

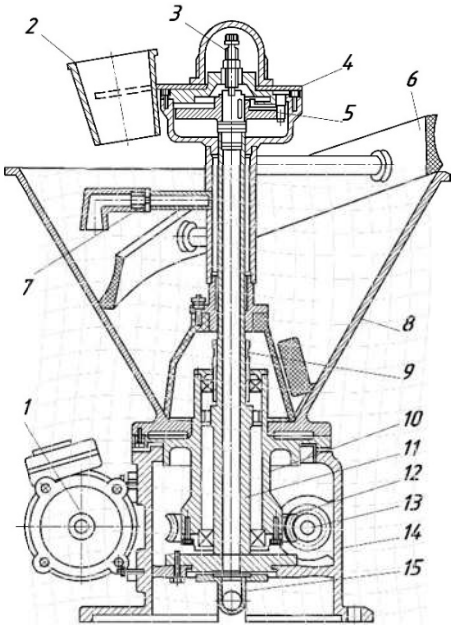


Рисунок 6.27. Тістоокруглювальна машина із конічною транспортувальною та внутрішньою спіральною формувальною поверхнями

Машина складається із конічної чаші 8, яка обертається і всередині якої встановлений спіральний формувальний жолоб 6, що має змінний профіль у поперечному перерізі. Жолоб закріплений на центральній нерухомій пустотілій стойці 11. Конічна чаша нижньою основою закріплена на фланці маточини 10. У нижній частині маточини знаходиться черв'ячне колесо 12. Чаша обертається від електродвигуна 1, через клинопасову передачу, черв'як 13 і черв'ячне колесо 12. Всі елементи тістокруглювальної машини змонтовано на станині 14.

Тістові заготовки подаються через завантажувальну воронку 2 на дно чаші, захоплюються внутрішньою поверхнею чаші, яка обертається, та переміщуються по спіральному жолобом вгору, виконуючи складний рух, у результаті цього отримують форму кулі. Після округлювання тістові заготовки викидаються на приймальний стрічковий транспортер. Для зміни напрямку потоку округлених шматків тіста на виході з машини спіральний жолоб можна повертати та встановлювати щодо нерухомого диска 5 з 36 отворами, що закріплюється болтом 4. Зазор між внутрішньою поверхнею чаші і спіраллю жолоба регулюється гвинтом 3. Регулювання черв'ячної пари здійснюється гайкою 9.

Для попередження злипання тістових заготовок на робочих поверхнях спіралі та чаші, заготовки обдуваються повітрям, яке подається через патрубок 15, внутрішню порожнинну стойку 11 і вихідні патрубки 7.

Продуктивності тістоокруглювальної машини із конічною транспортувальною та внутрішньою спіральною формувальною поверхнями:

$$П = \frac{L \cdot \pi \cdot D \cdot n \cdot M}{d}, \text{ шт/с}$$

де: L – коефіцієнт, що враховує відхилення розмірів шматка тіста (L=0.8-0.85);

D – мінімальний діаметр чаші у зоні завантаження, *м*;

n – частота обертання транспортувального органу, c^{-1} ;

M – коефіцієнт, що враховує відставання шматка тіста від несучої поверхні (М=0,2);

d – середній діаметр округленої заготовки, г:

$$d = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot \mathrm{M}}{\pi \cdot \rho}}, \text{ м}$$

де: M – маса шматка тіста, кг;

ρ – густина тіста($\rho = 1100$ *кг/м*^{3}).

Формування тістової заготовки **закочуванням** відбувається під впливом на заготовку двох робочих поверхонь, що перебувають у взаємному відносному русі та забезпечують наданню тістовій заготовці циліндричної або сигароподібної форми.

Одна із працюючих поверхонь – транспортувальна, переміщує тістову заготовку у напрямку потоку.

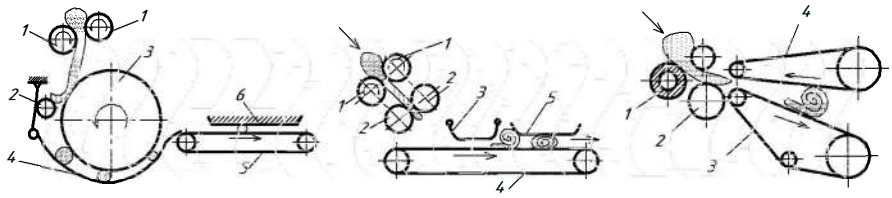
Інша може бути нерухома або рухається у протилежному напрямку із меншою швидкістю, що забезпечує більш тривале обкочування. Тістова заготовка проходить більш довгий шлях під час обкочування на меншій довжині формувальної ділянки.

Робочі поверхні можуть бути виконані у вигляді стрічкових транспортерів, плоских або профільованих нерухомих площин, або у вигляді обертальних барабанів.

Тістові заготовки із пшеничного тіста, що мають велику пружність і еластичність, піддаються в тістозакочувальних машинах інтенсивному обробленню для забезпечення рівномірного, дрібнопористого м'якуша.

Тісто перед формуванням прокочується однією або двома парами вальців у млинець, а потім загортається в рулон.

На рисунку 6.28 представлені схеми закочування тістових заготовок.



а *б* *в*

Рисунок 6.28. Схеми тістозакочувальних машин

1. Машина (рисунок 6.28) призначена для формування батоноподібних виробів із пшеничного тіста. Шматок тіста проходить через зазор між валками 1, що обертаються назустріч один одному і розкочується в млинець, який потім загортається рифленим валком 2 у рулон. Рулет, що захоплюється барабаном 3, обкочується кожухом 4, приймає форму циліндра та потрапляє на стрічковий

транспортер 5, і, проходячи під нерухомою плитою 6, подовжується до необхідних розмірів.

2. Машина для булочних виробів середньої маси (рисунок 6.28 б) використовується, в основному, для формування заготовок батоноподібних виробів масою 0,2–0,5 кг. Тістова заготовка, потрапляючи в машину, спочатку розкочується в млинець двома парами валків 1 і 2, які обертаються назустріч один одному. Потім заготовка потрапляє на стрічковий транспортер, взаємодіє з металевою решіткою 3, під час переміщення закручується у рулон і прокочується під формувальною плитою 5, тобто на неї впливають три формувальних органи різного типу. Після подібного оброблення заготовка добре утримує форму під час всіх подальших технологічних операцій.

3. Машина для булочних виробів малої маси для виробництва рогаликів (рисунок 6.28 *в)*. Вона має подавальний валок 1, який направляє заготовку між парою розкочувальних валків 2. Після виходу з них заготовка направляється до двох транспортерів 3 і 4, які рухаються назустріч один одному з різними швидкостями. Між ними вона згортається в рулон і провертається, ущільнюючи поверхню. За такої умови досягається достатнє прокочування рулону на порівняно коротких стрічках.

Тістозакочувальна машина (рисунок 6.29). На станині 1 закріплені транспортери: подавальний 6, транспортувальний 17 і притискний 15, а також набір розкочувальних валків 2, 3, 4, 5. Тістові заготовки переносяться подавальним транспортером, частково роздавлюються валком 8, а потім через пристрій для центрування 10 направляються в проміжок між парами вальців. Послідовно проходячи між валками, заготовки отримують форму млинця та падають на стрічку транспортера.

Металева сітка 13 захоплює край тіста та згортає млинець у рулон. Транспортувальний і притискний транспортери рухаються з різними швидкостями в різні сторони, тому рулон між ними ущільнюється і подовжується. Кінці заготовки згладжуються напрямними 14. Кінцевої форми та розмірів заготовка отримує під формувальною дошкою 16.

Відстань між вальцями регулюється переміщенням валків 2 і 4. Робочі органі обдуваються повітрям із насадок 7, 11 і 12 з метою зменшення налипання тіста.

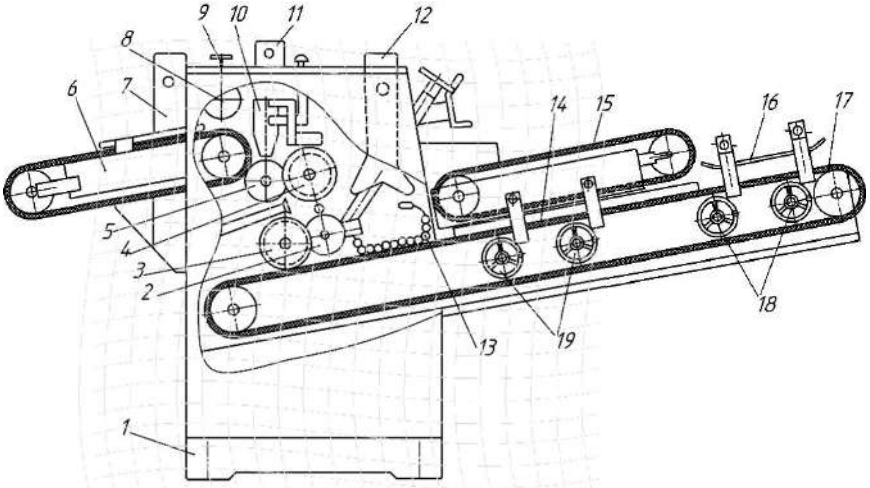


Рисунок 6.29. Тістозакочувальна машина:
1 – станина; 2,3,4,5 – валки; 6 – подавальний транспортер; 7, 11, 12 – насадки для обдування повітрям; 9 – рукоятка механізму регулювання; 10 – центрувальний пристрій; 13 – сітка; 14 – напрямна; 15 – притискний транспортер; 16 – формувальна дошка; 17 – транспортувальна стрічка; 18,19 – механізми підйому формувальної дошки і закочувального транспортеру

Продуктивність тістозакочувальної машини:

$$П = \frac{\left(V_н - V_ф\right) \cdot E}{a}, \; шт/с$$

де: $V_н$ – швидкість транспортувальної стрічки, *м/с*;
$V_ф$ – швидкість формувальної стрічки, *м/с*;
E – коефіцієнт проковзування ($E=0,8$);
a – крок між центрами заготовок, *м.*

Машини для одержання джгута з карамельної маси витягуванням

Машини для одержання джгута певного перерізу із пластичної аморфної маси застосовують у виробництві цукерок.

До обладнання для підготовки джгута відносяться: карамелепідкочувальні машини, джгутовитягувальні машини та калібрувальні ролики.

Кондитерській масі шляхом підкочування спочатку надають форми конусного батона, який потім витягується, калібрується в джгут потрібного діаметру та подається на формування виробів.

Для формування джгута з карамельної маси застосовуються карамелепідкочувальні машини, що надають масі форму конусного батона за допомогою обертальних конічних рифлених веретен, і джгутовитягувальних калібрувальних пристроїв, за допомогою яких з батона одержують джгут потрібних розмірів.

На рисунку 6.30 показана принципова схема одержання джгута з кондитерських мас.

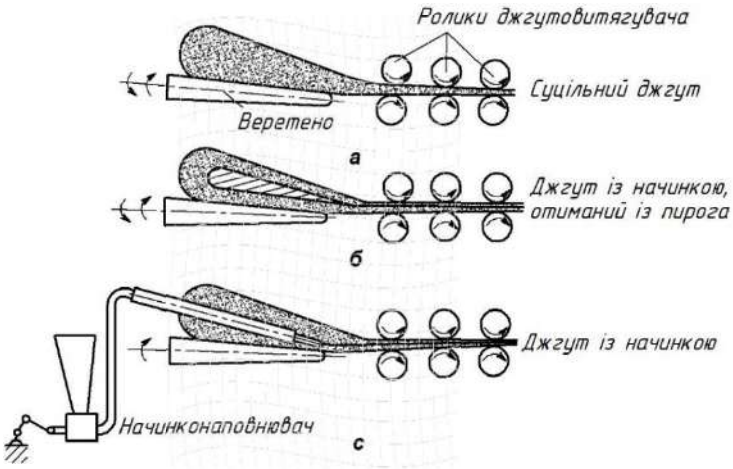


Рисунок 6.30. Схема одержання джгута з карамельної маси

Карамельна маса надходить на обертальні конусні веретена і підкочується та набуває вигляду конусного батона з діаметром 60 мм на виході, який потім витягується в джгут на джгутовитягувальних машинах

Джгутовитягувальна машина (рисунок 6.32) призначена для безперервного витягування і калібрування карамельного джгута, застосовується в потокових лініях виробництва карамелі. Знаходиться між карамелепідкочувальною і карамелеформувальною машинами.

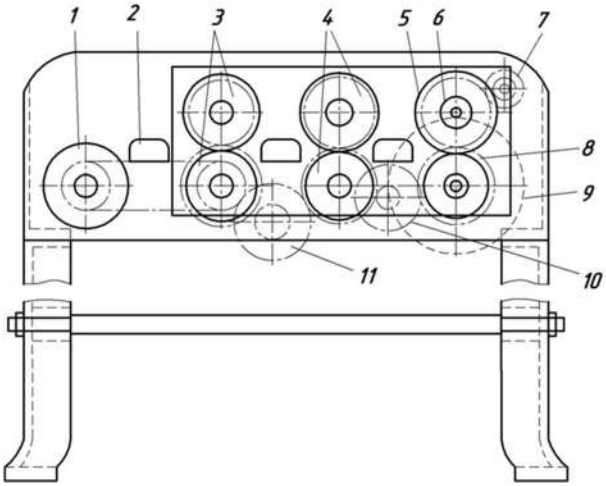


Рисунок 6.32. Джгутовитягувальна машина:
1 – приймальний ролик; 2 – напрямний лоток;
3, 4, 5 – пари роликів; 6 – ексцентрична втулка; 7 – храповий механізм; 8, 10, 11 – зубчасті колеса; 10 – шків.

Машина складається зі станини, передавального механізму, прийомного ролика 1, трьох пар роликів 3, 4, 5 для витягування і калібрування джгута. Між роликами встановлені напрямні лотки 2.

Машина приводиться в рух шківом 11 від загального приводу з обкочувальною та штампувальною машиною або від індивідуального електроприводу. Через систему зубчастих передач рух передається роликам. Кожна пара роликів з'єднана між собою зубчастими передачами з передавальним відношенням U=1. Рух між парами роликів передається зубчастими передачами з передавальним числом U=1,8–2.

Верхній ролик третьої пари 5 закріплено на ексцентричній втулці 6. Під час повороту втулки змінюється переріз джгута. Положення втулки фіксується храповим механізмом 7.

Продуктивність джгутовитягувальної машини 1000 *кг/год.*

6.6. Обладнання для формування харчових продуктів різанням

Один з напрямків застосування різання в харчовій промисловості – поділ продукту з метою надання йому певної форми або заданих розмірів.

Різання широко використовується в кондитерської промисловості для поділу на окремі частини у формі паралелепіпеду шарів багатошарових цукерок, праліне з вафлями, тиражованого ірису, пастили тощо.

У хлібопекарській промисловості різання застосовують для поділу випечених сухарних плит або хліба на окремі частини на сухарики (снеки), а також для надрізання поверхні тістових заготовок перед випіканням батону і гребінцевих виробів (міської булки, паляниці), деяких дрібноштучних булочних виробів.

У макаронній промисловості різання застосовується для розрізання макаронних виробів на окремі заготовки (частини) після макаронного преса.

Різання, як спосіб формування, широко використовується в харчоконцентратній, консервній промисловості та громадському харчуванні для надання напівфабрикату певної форми перед остаточними стадіями технологічного процесу.

6.6.1. Струннорізальна машина

Струннорізальна машина (рисунок 6.33) призначена для різання шарів пралінових мас із вафельними начинками.

Штабель із трьох шарів, покладених один на інший, довгою віссю уздовж руху надходить зі штабелера 1 на поворотний стіл 4. Стіл повертає штабель на кут 90°. Упор 3 ланцюгового транспортера 2 зсуває шар зі стола 4 і по столу 5 просуває його до упору 8. Тут на шар опускаються притискачі 6, а повзун 7 зсуває шар праворуч до упору 17 через струни 9, що перебувають у змінній рамці 10. Відрізані бічні кромки шару захватами 15 скидаються в збірник 16. Потім на смужки опускаються тримачі 18 і повзун 19 проштовхує смужки через струни 14, закріплені в змінній рамці 13. Бічні обрізки скидаються у збірник 11. Отримані стопки паралелепіпедів збираються на столі 12. Повзуни та поворотний стіл мають індивідуальні приводи, які вмикаються та вимикаються кінцевими вимикачами 20.

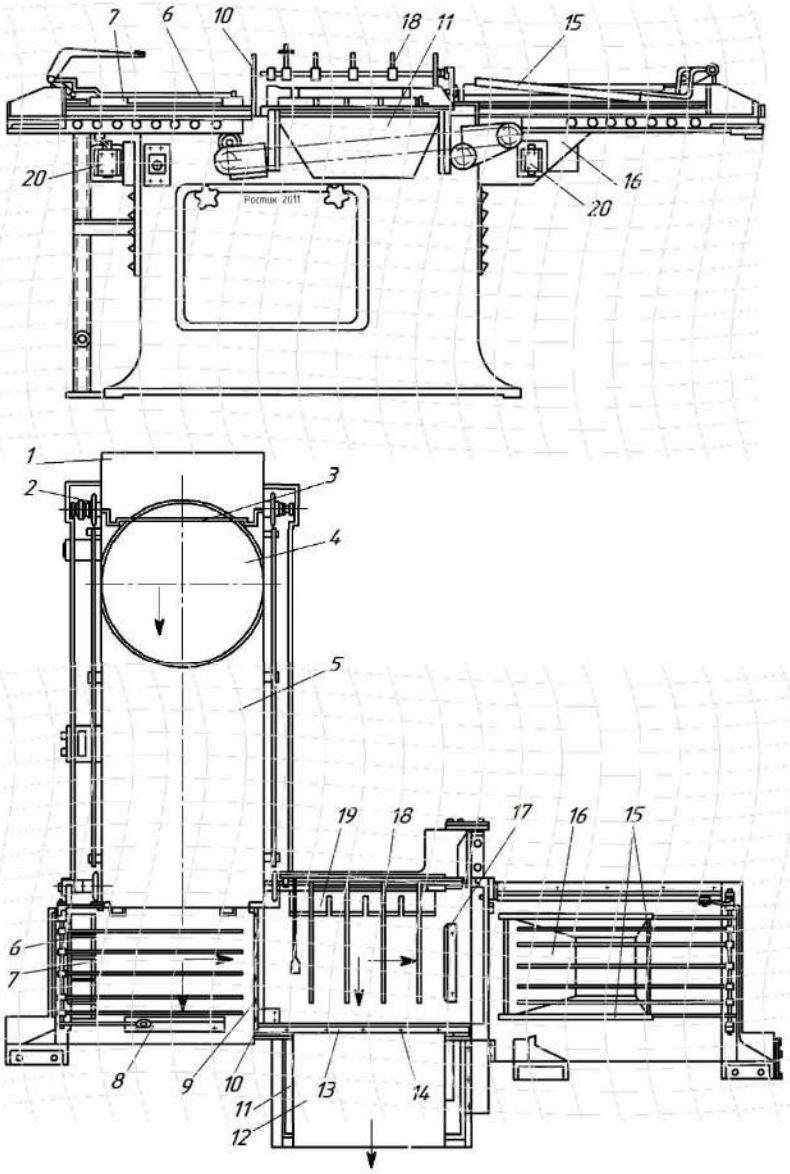


Рисунок 6.33. Струннорізальна машина

6.6.2. Машини з дисковими ножами

На рисунку 6.34, а показана принципова схема машини для різання на валках цукеркових шарів обертальними ножами. Цукерковий шар кладеться на металевий лист товщиною 1 мм. На цьому листі шар посувається ліворуч до дискових ножів 1, що обертаються зі швидкістю близько 1 об/с. Ножі розрізають цукерковий шар майже до кінця (залишається нерозрізаною частина шару товщиною менш 0,5 мм). Валок 5 проштовхує металевий лист. Ножі 1 є дисками товщиною до 3 мм із інструментальної легованої сталі. Вони надіті на сталевий валок 3, між ножами є текстолітові втулки 2. Заміною втулки регулюють ширину відрізаної смужки.

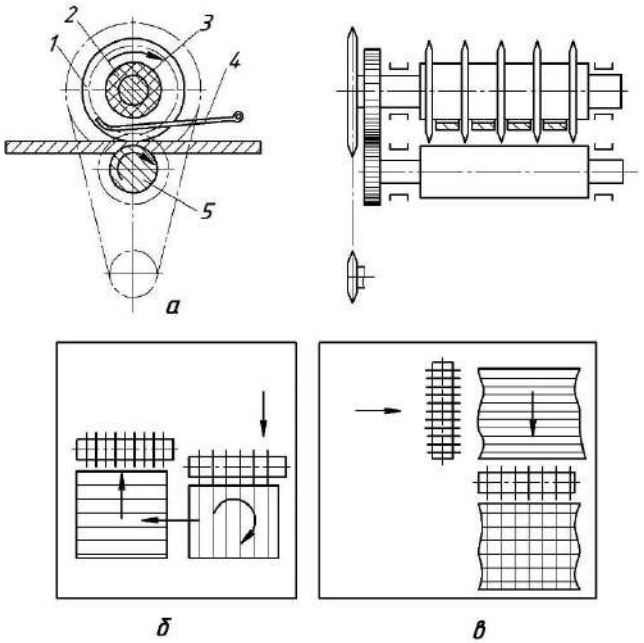


Рисунок 6.34. Різальні машини з дисковими обертальними ножами:
а – схема;
б – паралельне розташування валків;
в – перпендикулярне розташування валків.

Цукеркова маса із малим вмістом жиру прилипає до ножів. Гребінка 4 не дозволяє цукерковій смужці рухатися разом із ножами.

Висота ножів над валком 5 змінюється у незначних межах за допомогою штурвалу. На столі машини найчастіше розташовують два валки з ножами. Осьові лінії цих валків можуть бути паралельні (рисунок 6.34, б) або перпендикулярні (рисунок 6.34,в).

За перпендикулярного розташування валків для розрізання шару на цукерки потрібно лише два поступальні рухи, а за паралельного розташування – чотири рухи, що показано стрілками. Кількість обрізків у такій машині становить 10–12%.

6.6.3. Машина з гільйотинними ножами

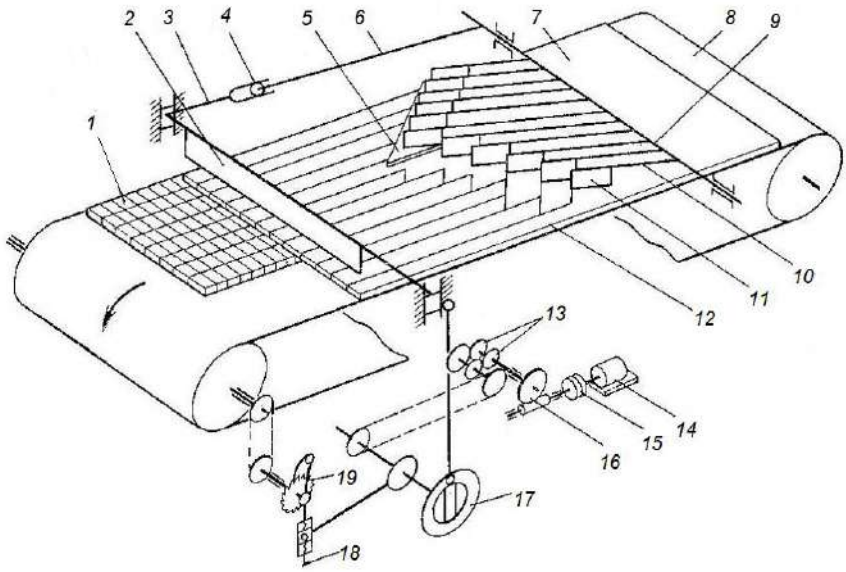


Рисунок 6.35. Схема машини з гільйотинними ножами

Цукерковий шар *7* кладуть на листі паперу на стрічку 8, що періодично рухається і яка подає шар під ножі поздовжнього різання 11. Відстань між ними дорівнює довжині цукерки. Ножі закріплено на тримачах *10,* відстань між якими можна змінювати залежно від бажаної довжини цукерки. Тримачі повертаються на кут через систему важелів 6 і квадратний вал *9.* Ножі, опускаючись, розрізають

шар на поздовжні смужки *12,* що східчасто розташовані через зсув ножів. За такого розташування ножів смужка не заклинюється між двома сусідніми ножами. Над шаром закріплена гребінка 5 із прорізами для ножів. Гребінка утримує смужки на стрічці транспортера під час піднімання ножів. На вал 9 надітий важіль *6* із пальцем *4,* який перебуває в прорізі важеля *3,* закріпленого на повзуні ножа *2* поперечного різання. Ніж *2* розрізає смужки на цукерки *1.* Ніж переміщується кулачком *17.*

Машина отримує рух від електродвигуна *14* через муфту *15,* черв'ячний редуктор *16* з передавальним числом 20 і дві пари циліндричних зубчастих коліс *13.* Потрібна швидкість руху ножів досягається включенням однієї з пар зубчастих коліс.

Стрічка транспортера приводиться в рух храповим механізмом *19.* Переміщення транспортеру, обумовлене шириною цукерки, встановлюється гвинтом *18.*

6.6.4. Механізм поперечного різання шарів пастили

Пастила подається на різання у вигляді шару.

До двох ланцюгів *4* прикріплені плоскі ножі 5. Ножі нахилені до з'єднувальних ланок ланцюгів ланок під кутом 80°.

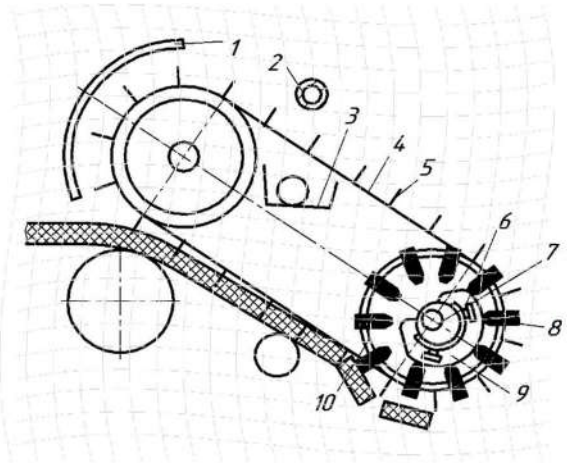


Рисунок 6.36. Механізм поперечного різання пастили:
1 – огородження;
2 – обмивальний пристрій;
3 – ємність для води;
4 – ланцюг;
5 – ножі;
6 – регулювальні гвинти;
7 – провідний вал;
8 – штовхачі;
9 – кулачки;
10 – барабан.

На валу 7 між привідними зірочками закріплений барабан *10.* У ньому є прорізи зі штовхачами *8* у них. Кінці штовхачів ковзають поверхнею нерухомих кулачків *9.* Під час обертання привідних зірочок з барабаном штовхачі ковзають нерухомими кулачками і переміщуються радіально в пазах барабана. За радіального переміщення штовхачі плавно виштовхують пастилу з ножів під час огинання ними зірочок. Гвинтами *6* змінюють положення нерухомих кулачків, досягаючи нормального відділення пастили від ножів.

Ножі поперечного різання мають обмивальний пристрій 2, у якому вода стікає на ножі, змиваючи з них масу, яка прилипає.

6.6.5. Машина для надрізання тістових заготовок

Машина призначена для надрізання тістових заготовок 14, які перебувають на поду тунельної печі 1.

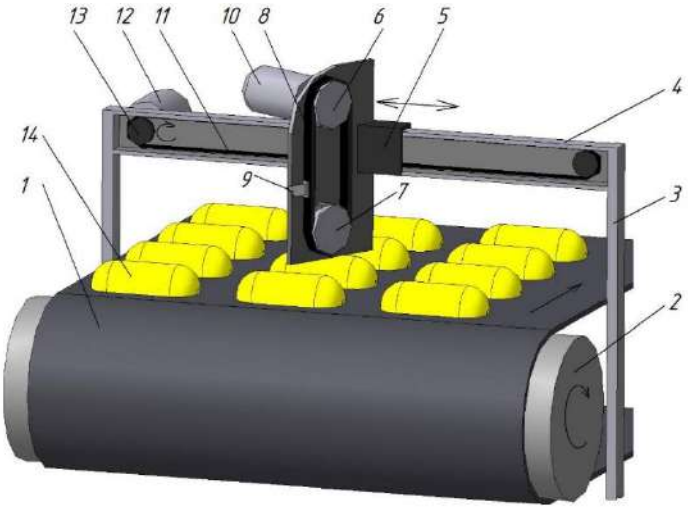


Рисунок 6.37. Машина для надрізання тістових заготовок:
1 – під тунельної печі; 2 – натяжний барабан печі; 3 – кронштейн; 4 – рама; 5 – траверса; 6 – привідний шків; 7 – натяжний шків; 8 – пас; 9 – ніж;10 – двигун; 11 – ланцюг; 12 – мотор-редуктор; 13 – зірочка; 14 – тістова заготовка.

Над подом печі на двох кронштейнах 3 установлена рама 4.

Рамою рухається траверса 5. Траверса одержує рух від ланцюга 11, яка рухається між зірочками 13. На траверсі закріплений механізм надрізання, який складається із двигуна 10, пасової передачі, яка складається із приводного 6, натяжного 7 шківів і паса 8. На пасу закріплений ніж 9, який надріже тістову заготовку в момент проходу над нею траверси.

Механізм надрізання розміщено під кутом 30-50 ° до осі транспортера з метою одержання на виробі косих зрізів. Глибина надрізу регулюється підніманням і опусканням механізму надрізання. Траверса починає рухатися під час проходження тістової заготовки під рамою 4. Для цього встановлюють фотодатчики, які, із появою тістової заготовки, посилають сигнал включення мотор-редуктору 12. Швидкість руху паса з ножем – до 12 м/с, траверси – 0,8 м/с; поду печі з тістовими заготовками – до 0,15 м/с.

6.7. Обладнання для формування харчових продуктів обкочуванням

Обкочування – метод утворення сферичних гранул із дрібнодисперсної маси в процесі взаємного переміщення її часток за наявності зв'язувальної речовини або інших сприятливих адгезії сил.

Обкатування частинок відбувається на масивних робочих поверхнях, або у шарі речовини в грануляторах барабанного (циліндричного, конічного) і тарілчастого типу, або в коливальних грануляторах з активною робочою поверхнею.

Обкочування – один зі способів гранулювання сипкого матеріалу. *Гранулювання обкочуванням* – складний процес, який визначається сукупністю дії капілярних, молекулярних, абсорбційних та інших сил у дисперсних речовинах.

Так виготовляють у великих кількостях мінеральні добрива, гранулюють пил харчової солі, медичні препарати, відходи виробництв.

Різновидом гранулювання обкатуванням є *дражирування* (нашарування).

Кондитерська промисловість робить цукерки, що складаються із ядра і оболонки. Ядром є кристали цукру, горіхи, ізюм, цукати або спеціально цукеркова маса, плоди, ягоди, желейні речовини та навіть готові вироби.

Оболонка може складатися із цукрової пудри, порошку какао та інших речовин. Дражирування виконують у дражирувальних казанах.

Драже фармацевтичної промисловості містять лікарські речовини. У сільському господарстві для передпосівного оброблення насіння в оболонку вводять живильні речовини, засоби стимулювання росту та захисту від захворювань.

Дражирування – складне технологічне оброблення вихідних ядер, яке обумовлене багаторазовим чергуванням введення в апарат сухого компоненту і зволожувальної рідини.

У кондитерській промисловості користуються дражирувальними чанами з діаметром чаші 1 метр, що обертаються під кутом 30-50° до вертикальної осі з кутовою швидкістю 18 -27 об/хв залежно від стадії процесу вироблення продукту.

Дражирувальна машина призначена для дражирування (обкочування) драже. Машина (рисунок 6.38) складається з казану 1,

приводу 2, станини 3 і пускового пристрою 4. Казан суцільнотягнений, виготовлений з мідних листів товщиною 3 мм і прикріплений до обертального диска.

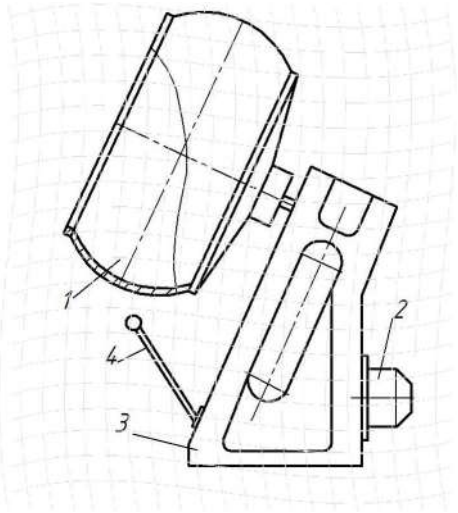


Рисунок 6.38. Дражирувальна машина:
1– дражерувальний казан;
2 – привід;
3 – станина;
4 – пусковий пристрій.

6.8. Обладнання для формування зі зміною агрегатного стану (відливання)

Відливальні машини служать для одержання виробу певного об'єму, форми, малюнку з напіврідкої або рідкої кондитерської маси відливанням її у форму.

Відливальні машини відокремлюють від рідкої кондитерської маси порцію певного об'єму та відливають у форму.

Матеріал форми залежить від фізичних і хімічних властивостей маси. Залежно від фізичних властивостей кондитерської маси перед заповненням форми проводяться ті або інші підготовчі операції. Наприклад нагрівання форми, посипання пудрою тощо.

На рисунку 6.39 представлені схеми одержання шоколадних виробів (зазвичай ці операції відбуваються у напівавтоматах, складених із декількох машин, що виконують певні операції.

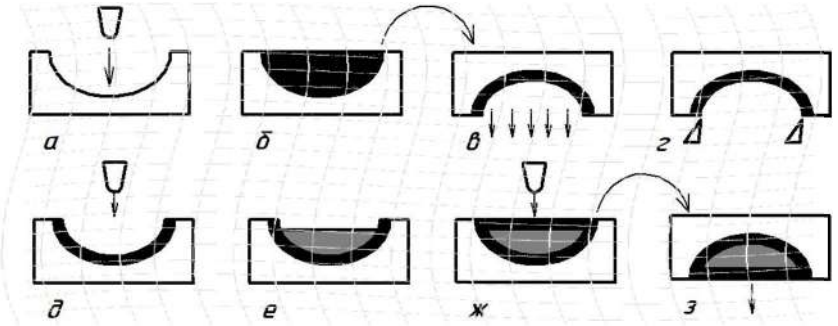


Рисунок 6.39. Схема основних операцій виготовлення шоколадних виробів відливанням у форми:

а, б, в, г – утворення стінок корпусу виробу;
д – заливання начинки; *е* – ущільнення і охолодження начинки;
ж – заливання денця і його охолодження;
з – видалення виробу із форми.

Порожні форми на початку нагріваються до температури 30 °С, потім наповнюються шоколадною масою, після чого зазнають ущільнення на вібраційній машині. Далі форма із шоколадною масою повертається дном вгору. За такої умови не застигла шоколадна маса виливається, крім тонкого шару на стінок форми товщиною 1–1,7 мм.

У такому положенні форма спочатку піддається вертикальним коливанням, щоб струсити залишок маси, а потім – плоскопаралельному обертанню для вирівнювання товщини шоколадної оболонки. У наступній позиції краї оболонки зачищаються валиками, з яких шоколадна маса зчищається плоскими ножами. Зачищені оболонки охолоджуються до повного затвердіння. У процесі затвердіння можуть утворюватися невеликі бурульки, які зачищаються плоскими ножами. Потім форми повертається дном вниз, і в такому положенні остаточно охолоджуються, а потім надходять до відливальної машини, яка наповнює оболонки начинкою не повністю. Начинка ущільнюється під час знаходження форми на вібраційній машині. Під час охолодження начинка в шоколадній оболонці твердіє, і далі форма проходить під нагрівачами для нагрівання торців шоколадної оболонки. Вільний простір, що залишився, наповнюється шоколадною масою.

Отриманий виріб охолоджується, на форму накладається пластмасова або картонна пластина, форма із пластиною повертається дном вгору.

У результаті вібрації вироби видаляються з форми та залишаються на пластині, а порожня форма знову перевертається і у такому положенні знову надходить на підігрівання.

Цукерковідливальні машини та напівавтомати

Цукерковідливальні машини призначені для виливання цукерок у форми з кукурудзяного крохмалю. Форма є дерев'яним лотком, заповненим крохмалем. У крохмалі відштамповують поглиблення – гнізда, конфігурація яких відповідає формі корпусів цукерок. Після заливання гнізд цукерковою масою форми вистоюються, поки маса не затвердіє. Потім затверділі корпуси відокремлюють від крохмалю на ситі, лоток знову заповнюється крохмалем і направляється на штампування гнізд для відливання.

Для формування необхідний дрібнозернистий крохмаль вологістю 5–6% і температурою 14–15 °С. Такий крохмаль не обсипається в гніздах під час штампування, поглинає деяку кількості вологи з поверхні корпусів цукерок, і легко очищується з їхньої поверхні.

У цукерковідливальних напівавтоматах застосовуються поршневі та пружинні дозувальні пристрої з похилим і горизонтальним розташуванням поршнів.

Схема **дозувального пристрою відливальної машини** агрегату показана На рисунку 6.40.

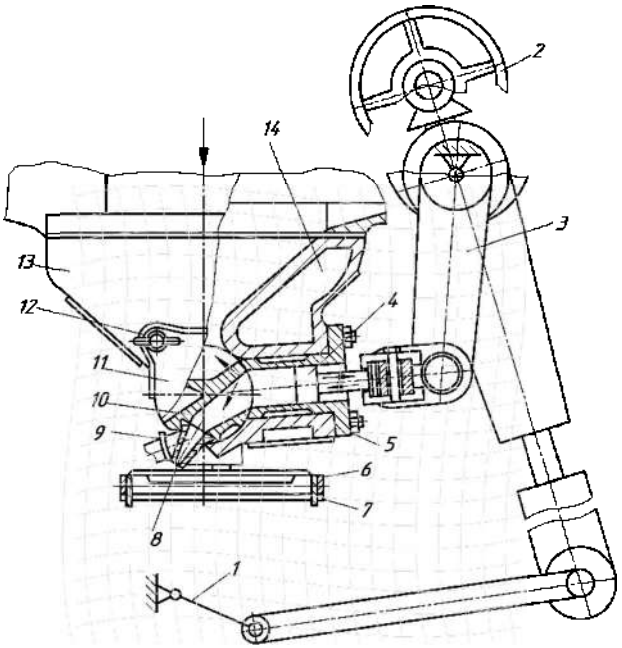


Рисунок 6.40. Схема дозувального пристрою відливальної машини:
1 – кривошип; 2 – рукоятка; коромисло; 4 – поршень; 5 – циліндр; 6 – формотримач; 7 – форма; 8 – насадка; 9 – планка; 10 – золотник; 11 – кришка; 12 – гвинт; 13 – воронка; 14 – сорочка.

Дозувальний пристрій має воронку 13 із нагрівальною сорочкою 14. У воронку завантажують відтемперовану масу. До низу воронки приєднуються змінні мірні циліндри 5 з поршнями 4. Число циліндрів і поршнів залежить від маси плиток, що відливаються. Із торця в циліндричний паз вставлений золотник 10 з насадками 8, відповідними до ширини форми. Закріплюється золотник кришкою 11 із гвинтом 12. Золотник робить обертальний коливальний рух.

Поршні приводяться у зворотно-поступальний рух ексцентриком 1 через систему важелів і коромисло 3. Точність дози встановлюється рукояткою 2.

Під час руху поршня 4 праворуч золотник 10 займає положення, за якого насадки 8 прикриті нерухомою планкою 9 і маса вільно заповнює мірні циліндри 5. Потім золотник повертається у положення, показане на рисунку, мірні циліндри з'єднуються з насадками 8, поршень рухається ліворуч і видавлює масу у форму 7. Водночас форма 7 із тримачем 6 переміщується щодо насадки 8 у горизонтальному напрямку.

Питання для самоперевірки

1. Приклади застосування технологічних операцій формування.
2. Способи впливу тиском на продукт під час пресування. Приклади застосування.
3. Класифікація формувальних машин за способом формування. .
4. Реологічні фластивості харчових мас.
5. Види «Неньютонівських» рідин. Наведіть приклади та поведінку цих рідин під час оброблення.
6. Фактори, які впливають на формування.
7. Індикаторна і технологічна крива пресування.
8. Розподіл густини у брикеті (таблетці) під час пресування.
9. Схема пресування рафінадної кашки на дисковому роторному пресі.
10. Визначення продуктивності дискового роторного пресу.
11. Технологічна схема брикетування на роторному пресі.
12. Конструкція преса для брикетування. Приклади застосування.
13. Продуктивність преса для брикетування.
14. Схема штампувально-різального агрегату для затяжного печива та крекера.
15. Схема штампу для пружнього тіста.
16. Конструкція роторної машини для формування цукрового печива.
17. Конструкція машини для виготовлення пельменів.
18. Конструкція роторної різальної машини для карамелі.
19. Конструкція ланцюгової штампувальної машини для карамелі.
20. Види ектсрузії. Приклади застосування.
21. Схеми та визначення продуктивності нагнітачів: поршневого, валкового, лопатевого, зубчастого і шнекового.
22. Приклади застосування екструдерів з поршневим нагнітачем.
23. Конструкція тістоподільної машини з поршневим нагнітанням.
24. Схема відсаджувального механізму для формування виробів із тіста для здобного печива і пряників, марципана, праліне і нуги.
25. Схема зефіровідсаджувальної машина.

26. Приклади застосування ектсрудерів із вальцьовим нагнітанням тіста.
27. Схема машини для формування пряників.
28. Приклади застосування ектсрудерів із лопатевим нагнітанням.
29. Схема тістомісильної машини із лопатевим нагнітанням тіста.
30. Приклади застосування зубчастих екструдерів.
31. Схема роторно-зубчастого екструдера.
32. Приклади застосування екструдерів зі шнековим нагнітанням.
33. Конструкція тістоподільної машини зі шнековим нагнітанням.
34. Конструкція екструдеру зі шнековим нагнітанням для кондитерських мас.
35. Схема макаронного пресу.
36. Приклади застосування екструдерів зі пневматичним нагнітанням.
37. Конструкція автомату для приготування пиріжків.
38. Приклади застосування обладнання для формування харчових продуктів округленням, розкочуванням, закочуванням і витягуванням.
39. Способи округлення тістових заготовок. Схеми робочих органів тістоокруглювальних машин.
40. Схема тістоокруглювальної машини із конічною транспортувальною та внутрішньою спіральною формувальною поверхнями.
41. Схеми робочих оргнаів тістозакочувальних машин.
42. Схема одержання джгута з карамельної маси.
43. Конструкція джгутовитягувальної машини для карамелі.
44. Приклади використання машин для формування харчових продуктів різанням.
45. Схема струннорізальної машини для пралінових мас із вафельними начинками.
46. Схеми різальних машин з дисковими обертальними ножами. приклади використання.
47. Схема машини з гільйотинними ножами для цукерок.
48. Механізм поперечного різання шарів пастили.
49. Конструкція машини для надрізання тістових заготовок.

50. Приклади формування харчових продуктів обкочуванням.
51. Конструкція дражжувальної машини.
52. Схема операцій виготовлення шоколадних виробів відливанням у форми.
53. Схема дозувального пристрою цукерковідливальної машини.

Розділ 7.

Обладнання для проведення теплових і масообмінних процесів

Обладнання для проведення теплових і масообмінних процесів можна умовно розділити на групи (рисунок 7.1)

Обладнання для проведення теплових і масообмінних процесів																	
Теплообмінне				**Теплового оброблення**								**Тепломасообмінне**				**Масообмінне**		
Теплообмінні апарати	Холодильні апарати	Нагрівальні апарати	Морозильні апарати	Бланшувальні апарати	Ошпарювальні апарати	Варильні апарати	Апарати для пастеризації	Апарати для стерилізації	Промислові печі	Апарати для смаження	Обпалювальні апарати	Випарні апарати	Апарати для кристалізації	Апарати для сушіння	Ректифікаційні апарати	Екстракційні апарати	Абсорбційні апарати	Апарати для розчинення

Рисунок 7.1. Класифікація обладнання для проведення теплових і масообмінних процесів

Обладнання для проведення теплових процесів, призначене для нагрівання, охолодження, заморожування, а також темперування харчових середовищ, представлене теплообмінними апаратами різних конструкцій. Суть роботи теплообмінного обладнання полягає у взаємному теплообміні між теплоносієм і харчовим середовищем, як правило, без зміни фізико-хімічних і технологічних властивостей продукту.

Обладнання для теплового оброблення харчових середовищ із метою поліпшення їх фізико-хімічних, структурно-механічних й органолептичних властивостей, відрізняється різноманітністю і включає:

- обладнання для попереднього поверхневого теплового оброблення сировини, для кращого видалення шкірки під час подальшого оброблення, деаерації, часткового знищення мікроорганізмів, поліпшення проникності клітинної оболонки

(бланшувальні, ошпарювальні апарати);
- обладнання для варіння сировини (варильні апарати, заторний апарат, сусловарильний апарат);
- обладнання для пастеризації та стерилізації (пастеризатори та стерилізатори);
- обладнання для високотемпературного оброблення сировини (апарати для випікання, апарати для смаження, обпалювальні апарати).

Обладнання для проведення тепломасообмінних процесів призначене для проведення масообмінних процесів під впливом теплоти:
- з метою видалення вологи (рідкої фракції) із твердих або рідких матеріалів шляхом її випаровування (випарні апарати, сушильні апарати);
- для розділення гомогенних рідких сумішей шляхом багаторазового взаємного обміну компонентами рідкої та парової фаз (ректифікаційні колони);
- виділення твердої фази з розчинів (кристалізатори).

Обладнання для проведення масообмінних процесів, у якому відбувається перехід однієї або декількох речовин з однієї фази через поверхню контакту фаз в іншу під впливом різниці концентрацій (екстракційні, абсорбційні, адсорбційні апарати та апарати для розчиннення).

7.1. Технологічне обладнання для проведення теплообмінних процесів

Незважаючи на різноманітність харчових середовищ і обладнання для проведення теплових процесів загальним для них є передача теплоти від середовища з більш високою температурою до середовища з меншою температурою прямим контактом або через теплопередавальну стінку. У загальному випадку передача теплоти здійснюється теплопровідністю, конвекцією та тепловим випромінюванням.

Теплопровідність – передача теплоти за безпосереднього контакту тіл з різною температурою.

Конвекція – передача теплоти в рідких і газових середовищах за рахунок переміщення середовища.

Теплове випромінювання – явище перенесення (передачі) теплоти у вигляді електромагнітних хвиль із взаємним перетворенням теплової енергії у випромінювання і навпаки.

У природі в чистому вигляді окремі способи передачі теплоти зустрічаються рідко. У більшості випадків один спосіб теплообміну супроводжується іншим.

Кількість теплоти *dQ*, передана теплопровідністю, відповідно до закону Фур'є, пропорційна градієнту температури *dt/dn*, часу *dτ* і площі перерізу *dF:*

$$dQ = -\lambda \frac{dt}{dn} dF \cdot d\tau ,$$

де λ – коефіцієнт теплопровідності, виражає кількість теплоти, яка передається за одиницю часу через одиницю поверхні за градієнта температур один градус на один метр довжини нормалі до ізотермічної поверхні, кВт/(м·К).

Кількість теплоти, що передається конвекцією від поверхні нагрівання t_1 середовищу t_2 розраховується за законом тепловіддачі Ньютона:

$$dQ = \alpha dF \left(t_1 - t_2 \right) d\tau ,$$

де α – коефіцієнт тепловіддачі, що характеризує інтенсивність конвективного теплообміну та показує кількість теплоти, яка передається з одиниці площі поверхні нагрівання в навколишнє середовище або навпаки за одиницю часу та різниці температур один градус, (кВт/(м^2·К).

Закономірності теплового випромінювання (радіації) описуються законами Стефана-Больцмана, Кірхгофа і Ламберта. Закон Стефана-Больцмана встановлює залежність між випромінювальною здатністю тіла E_0, кількістю енергії Q, яка випромінюється площею поверхні тіла F за одиницю часу.

Кількість енергії, яка випромінюється залежить від довжини хвилі та температури. Інтенсивність теплового випромінювання зростає з підвищенням температури тіл. За температури вище 600 °С теплообмін між твердими тілами здійснюється переважно випромінюванням.

Зв'язок між випромінювальною здатністю E_0 (Вт/м^2) і температурою абсолютно чорного тіла T (°К) виражається залежністю:

$$E_0 = \sigma_0 \cdot T^4$$

де σ_0 – стала випромінювання абсолютно чорного тіла, $\sigma_0 = 5{,}67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м^2·К^4).

За законом Кірхгофа відношення випромінювальної здатності будь-якого тіла E_i до його поглинальної здатності A_i за тієї ж температури є величиною постійною, яка дорівнює випромінювальній здатності абсолютно чорного тіла:

$$E_0 = \frac{E_i}{A_i} = \frac{E_0}{A_0}.$$

Закон Ламберта виражає зміну інтенсивності випромінювання за різними напрямками E_φ і записується рівнянням:

$$E_\phi = E_n \cos\phi, \text{ Вт/м}^{2,}$$

де E_n – максимальне випромінювання у напрямку нормалі до поверхні, Вт/м^2; φ − кут випромінювання до нормалі поверхні випромінювання.

Залежно від характеру та мети технологічного процесу теплове оброблення харчових продуктів має забезпечити:

- Темперування тобто підтримання процесу на заданому рівні;
- Нагрівання або охолодження продукту;
- Згущення рідких розчинів;
- Розчинення твердих речовин;
- Конденсацію пари, тощо.

7.1.1. Класифікація теплообмінних апаратів

Для проведення теплообмінних процесів використовують теплообмінні апарати –підігрівачі та охолоджувачі, випарні апарати, конденсатори тощо.

Як теплоносій у харчових виробництвах використовується вода, водяна пара, повітря, в окремих випадках – гарячі гази. Водяна пара має переваги в якості теплоносія завдяки тому, що вона зручна для транспортування, легко регулюються її температура і витрата, має велику теплоту конденсації, не має значного агресивного впливу на матеріали паропроводів й апаратів, а також її можна використати в умовах безпосереднього контакту з харчовими продуктами.

До обладнання для нагрівання і охолодження харчових продуктів, висуваються вимоги теплового, гідродинамічного, конструктивного, експлуатаційного та технологічного характеру, які враховуються під час вибору, розрахунку та конструювання відповідного апарату.

Основні вимоги до теплообмінного обладнання:

досягнення максимального коефіцієнта теплопередачі за мінімального гідравлічного опору;

- герметичність поверхні нагрівання;
- надійність у роботі;
- зручність ремонту і очищення поверхні;
- надійна термокомпенсація конструктивних елементів;
- мінімально можлива металоємність;
- максимально можлива питома поверхня нагрівання;
- простота конструкції;
- технологічність виготовлення і монтажу;
- достатня міцність;
- висока продуктивність;
- виготовлення, монтаж, експлуатація, ремонт і обслуговування апарату мають бути економічно вигідними.

За способом передачі теплоти теплообмінні апарати поділяються на поверхневі та змішувальні.

Поверхневі теплообмінні апарати бувають *рекуперативні та регенеративні.*

Рекуперативними називаються такі апарати, в яких теплота від гарячого теплоносія до холодного передається через стінку, що їх розділяє.

Регенеративними називаються апарати, в яких поверхня нагрівання омивається то гарячим, то холодним теплоносієм.

В *змішувальних* теплообмінних апаратах робочі середовища дотикаються або перемішуються.

Поверхневі теплообмінні апарати класифікують за наступними ознаками:

- за призначенням: підігрівачі, охолоджувачі;
- за напрямком потоку робочого середовища: прямотечійні, протитечійні, перехресного та змішаного потоку;
- за типом робочих середовищ: паро-рідинні, рідинно-рідинні, газо-рідинні, газо-газові;
- за кількістю ходів: одноходові, багатоходові;
- за компонуванням: однокорпусні, багатокорпусні;
- за конструкцією поверхні теплообміну: оболонкові, кожухотрубні (включаючи горизонтальні, вертикальні, секційні або елементні), змієвикові, зрошувальні, ребристі, плавникові, пластинчасті, спіральні, комбіновані;

- За жорсткістю конструкції: жорсткі, напівжорсткі, нежорсткі (зокрема з подвійними трубками, із плавальною головкою, зі сальником біля трубних решіток, із U-подібними трубками);
- за характеристикою температурного режиму: з постійним і змінним режимом.

Змішувальні теплообмінні апарати поділяються на пароконтактні, газоконтактні (нагрівання газами високої температури), із зануреним в об'єм рідини пальником для спалювання газу.

7.1.2. Трубчасті теплообмінні апарати

У харчовій промисловості серед поверхневих рекуперативних теплообмінних апаратів найпоширеніші трубчасті, серед них кожухотрубні.

Кожухотрубні теплообмінні апарати призначені для нагрівання в'язких і рідких середовищ (паста, фруктове пюре, сусло, фруктові та овочеві соки).

На рисунку 7.2 наведена схема вертикального одноходового кожухотрубного апарата жорсткої конструкції. У кожусі 1 розміщені дві трубні решітки 3 і нагрівальні трубки 2, кінці яких розвальцьовані в отворах решіток. Для підведення та видалення продукту апарат має патрубки 9 і 4. Пара для нагрівання підводиться через патрубок 7, а конденсат видаляється через патрубок 14. Для встановлення апарата служать опори 8.

Трубні решітки або приварюються до кожуха, або затискаються фланцями 12 із прокладками 13. Кожух і трубки жорстко зв'язані між собою трубними решітками. У зв'язку з подовженням трубок за високих температур такі апарати використаються за порівняно невеликих різниць температур між трубками й корпусом (не більше 40 °С).

Міжтрубний простір складно очистити. Тому туди подається той теплоносій, що менш забруднює поверхню теплообміну. Внутрішня поверхня труб легко очищається спеціальними пристроями.

Недолік кожухотрубних апаратів – низькі коефіцієнти теплопередачі внаслідок малої швидкості руху теплоносія.

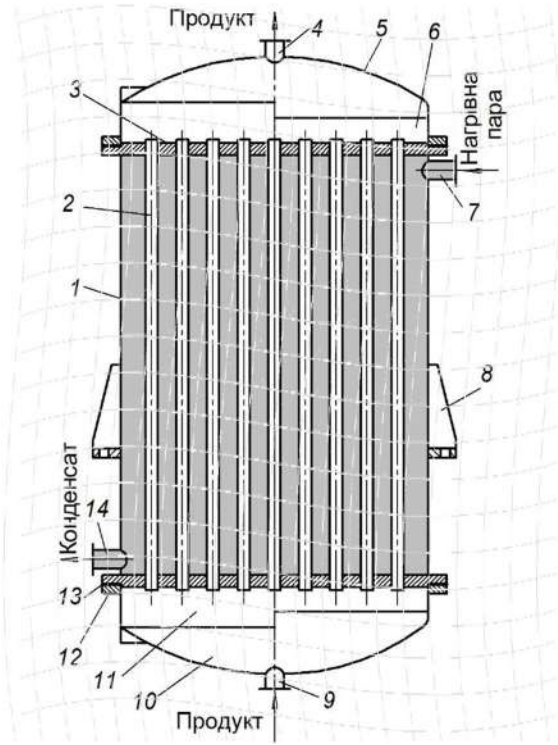


Рисунок 7.2. Одноходовий кожухотрубний апарат
1 – кожух;
2 – трубки;
3 – трубні решітки;
4 – патрубок виходу продукту;
5 – кришка;
6, 11 – продуктові камери;
7 – патрубок підведення пари;
8 – опори;
9 – патрубок для підведення продукту;
10 – днище;
12 – фланець;
13 – прокладки;
14 – патрубок для видалення конденсату.

Поліпшення роботи кожухотрубних теплообмінних апаратів досягається шляхом групування трубок в окремі пучки (ходи). Для цього в розподільних коробках влаштовують перегородки.

У такому багатоходовому теплообміннику робоча рідина проходить через трубний простір, перетікаючи послідовно через всі пучки трубок, швидкість рідини зростає, і коефіцієнт теплопередачі збільшується.

Перегородки в розподільних коробах роблять по хордах радіально або концентрично.

Для збільшення швидкості переміщення рідини в міжтрубному просторі влаштовують поздовжні або поперечні перегородки. Із двох теплоносіїв, що рухаються в трубах і міжтрубному просторі, у першу чергу треба збільшувати швидкість руху того носія, в якого вище термічний опір.

Для запобігання перегріванню та підгорянню продукту застосовують кожухотрубні апарати, що працюють під вакуумом.

На рисунку 7.3 показана схема чотирьохходового кожухотрубного апарата. Його кришка розділена перегородками, що утворюють три продуктові камери I, II, III. Днище має дві продуктові камери – *А* і *Б*. З верхньої камери I продукт опускається в камеру А, звідки піднімається по трубках у камеру II. Потім він послідовно проходить камери *Б* і III та виходить із апарату.

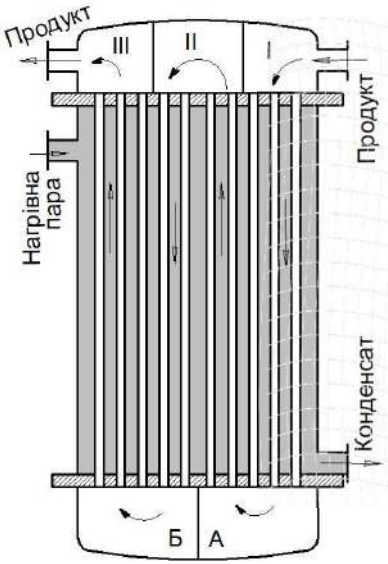


Рисунок 7.3. Багатоходовий апарат за трубним простором

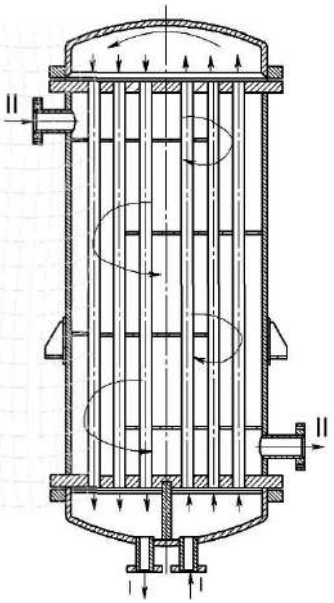


Рисунок 7.4. Багатоходовий апарат за трубним і міжтрубним простором

Таким чином, продукт, проходячи послідовно пучки трубок, робить чотири ходи: два – вниз і два – наверх. Такі апарати називають багатоходовими за трубним простором. Вони виготовляються із числом ходів від 2 до 12.

В апараті на рисунку 7.4, крім кришки, перегородками розділений міжтрубний простір. Теплоносій II, який омиває зовнішню поверхню трубок, проходить їх послідовно. За трубним простором для теплоносія I цей апарат є двоходовим, а за міжтрубним і для теплоносія II – п’ятиходовим.

Способи кріплення трубок до трубних решіток. З'єднання трубок із трубними решітками має бути щільним і міцним. Воно здійснюється різними способами: вальцюванням, припаюванням, зварюванням або сальниковим кріпленням (рисунок 7.5).

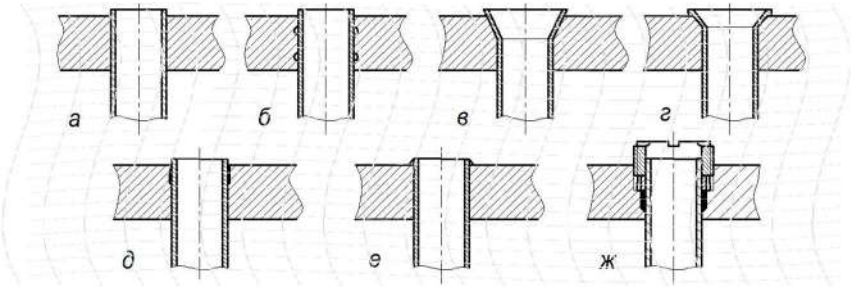


Рисунок 7.5. Способи кріплення труб у трубних решітках
а, б, в, г –вальцювання: циліндричне з канавками, конусне, з відбортуванням;
д – припаювання; *е* – зварювання; *ж* – сальникове кріплення.

Під час *розвальцьовування* кінці трубок вставляються в отвори решіток, після чого вальцювальними роликами кінці трубок обкочують по внутрішній поверхні. В стінках трубки виникають залишкові пластичні, а в трубних решітках пружні деформації, завдяки чому матеріал трубних решіток після розвальцьовування щільно стискає кінці трубок. Для більшої міцності з'єднання застосовують розвальцьовування на конус або з канавками в отворах трубних решіток.

Зварювання сталевих трубок забезпечує високу міцність з'єднання. Однак заміна зношеної трубки неможлива.

Припаювання трубок застосовується в охолоджувальних апаратах, виготовлених з міді та латуні.

Сальникове кріплення трубок також служить компенсатором температурних розширень. Недоліки – складність виготовлення, збільшується відстань між трубками, що збільшує діаметр апарату.

Конструкція *апаратів нежорсткої конструкції* передбачає можливість компенсації різниці температурних подовжень трубок і корпусу.

Прикладом такого апарату може бути апарат з *U-подібними трубками* (рисунок 7.6). У ньому є тільки одна трубна решітка, що зменшує масу. Трубна решітка з трубками легко виймається – це полегшує очищення зовнішніх поверхонь трубок. Недолік – складність очищення внутрішніх поверхонь трубок, складність виготовлення U-подібних трубок і їхній монтаж.

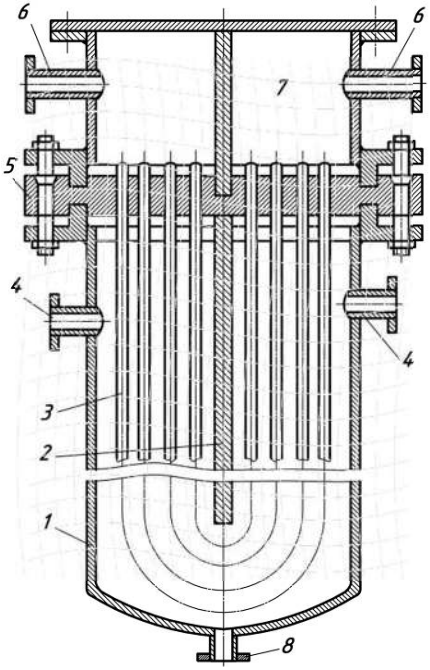


Рисунок 7.6. Апарат з U-подібними трубками:
1 – кожух;
2 – перегородка;
3 – U-подібні трубки;
4 – патрубок для підведення пари для нагрівання;
5 – трубні решітки;
6 – патрубок для підведення і відведення продукту;
7 – продуктова камера;
8 – патрубок для відведення конденсату

Апарати напівжорсткої конструкції (рисунок 7.7) мають спеціальні компенсатори температурних деформацій у вигляді кільцевих хвиль – лінз 1 на корпусі 2 або інших пристосувань (рисунок 7.8).

Лінзи виготовляють штампованими або з кільцевого тору з щілиною, розрізаного та звареного у формі хвилі, або у вигляді кільцевої пластини з приварениими до неї відбортованими частинами корпусу. Одна лінза забезпечує невеликі компенсації температурних деформацій (4–5мм).

Широкого поширення отримали в харчовій промисловості елементні **або секційні трубчасті теплообмінні апарати,** які складаються з послідовно з'єднаних секцій. Кожна секція виготовлена у вигляді кожухотрубного апарату з малим числом нагрівальних трубок (рисунок 7.9а). Ці апарати протитечійні, працюють за найбільш вигідною схемою. Вони ефективні, якщо обидва теплоносії рухаються з близькими швидкостями без зміни агрегатного стану. Їх застосовують, якщо теплоносії перебувають під високим тиском.

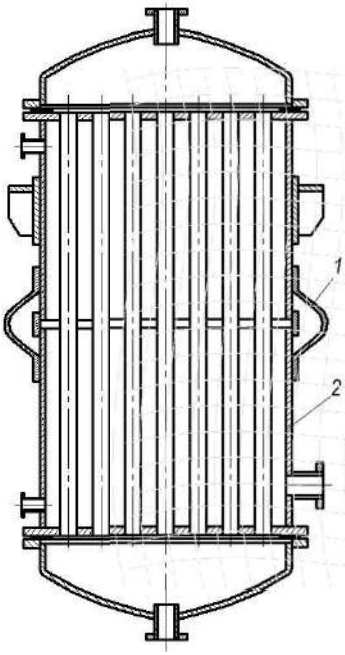


Рисунок 7.7. Теплообмінний апарат напівжорсткої конструкції:
1- лінза, 2- корпус.

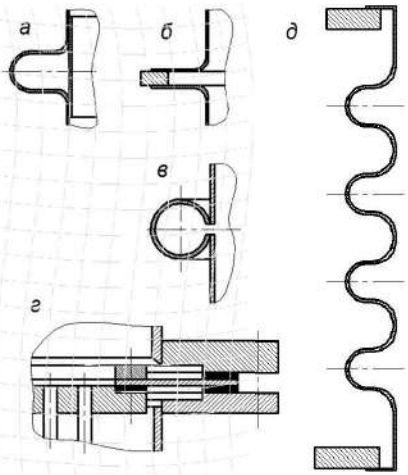


Рисунок 7.8. Компенсатори температурних деформацій:
а – лінза, зварена із двох штампованих частин;
б – кільце, приварене до відбортованих частин кожуха;
в – тор із щілиною, приварений до кожуха;
г – кільцевий мембранний компенсатор;
д – багатохвильовий компенсатор.

На підприємствах харчової промисловості широко використовуються апарати типу "труба в трубі" (рисунок 7.9 б). Вони складаються з послідовно з'єднаних секцій; кожна секція виготовлена з співвісних труб різних діаметрів. Ці теплообмінники придатні для високих тисків теплоносіїв, прості у виготовленні та монтажі. Завдяки великим швидкостям рідин мають високі коефіцієнти теплопередачі. Недолік – висока витрата металу і труднощі очищення міжтрубного простору.

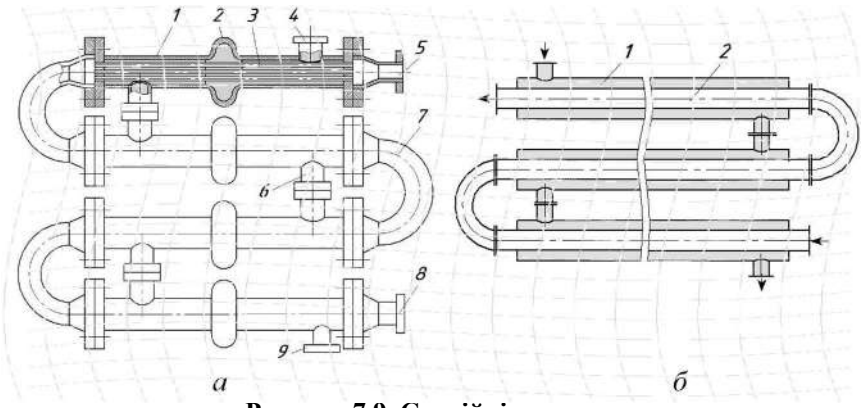


Рисунок 7.9. Секційні апарати:
а:1 – корпус; 2 – лінзовий компенсатор; 3 – труби.
Патрубки: 4 – підведення теплоносія в міжтрубний простір;
5 – відведення теплоносія із труб; 6, 7 – перепускні; 8 – підведення теплоносія в труби; 9 – відведення теплоносія з міжтрубного простору.
б;1 – зовнішня труба для теплоносія; внутрішня труба.

7.1.3. Змієвикові теплообмінні апарати

Змієвикові теплообмінні апарати мають порівняно низький коефіцієнт теплопередачі, але через простоту виготовлення і зручність обслуговування вони одержали широке поширення, як для нагрівання, так і для охолодження.

Наприклад, у кондитерській промисловості зустрічаються апарати з зануреною змієвиковою поверхнею нагрівання (рисунок 7.10) для приготування цукрово-патокового сиропу.

Завантаження цукру здійснюється через отвір, закритий кришкою 5, подача патоки і води – через трубу 4. Пара проходить всередині змійовика 2, віддає свою теплоту і перетворюється в конденсат, що відаляється за допомогою конденсатовідвідника 12. Для перемішування розчину і його циркуляції встановлюється мішалка або барботер 11. Вторинна пара відводиться через патрубок 3. Корпус 1 апарату має ізоляцію 9.

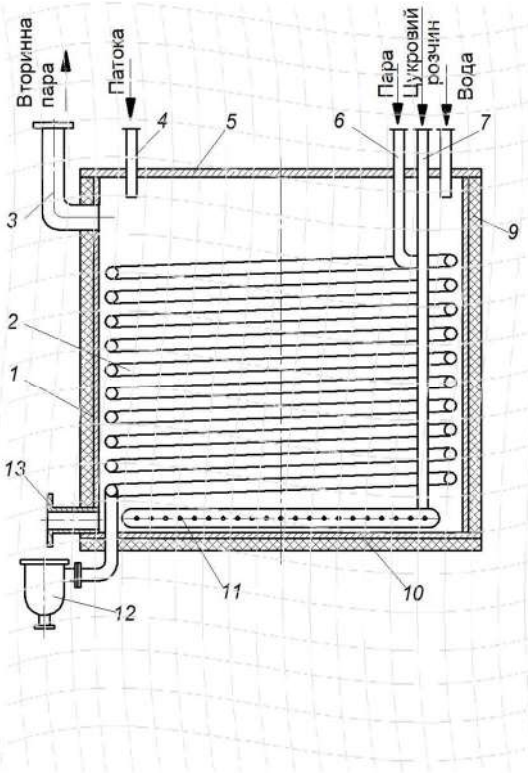


Рисунок 7.10. Змієвиковий теплообмінний апарат для розчинення цукру:
1 – корпус;
2 – змійовик;
3 – патрубок вторинної пари;
4 – патрубок для патоки;
5 – кришка;
6 – патрубок для підведення пари в змійовик;
7 – патрубок підведення цукрового розчину;
8 – патрубок подачі води;
9 – ізоляція;
10 – днище;
11 – барботер;
12 – конденсатовідвідник;
13 – патрубок для виходу сиропу.

7.1.4. Пластинчасті та спіральні теплообмінні апарати

У харчових виробництвах все більшого поширення набувають пластинчасті теплообмінники. Вони використаються для нагрівання, охолодження, пастеризації та стерилізації молока, пива, вина й інших продуктів

Пластинчастий теплообмінний апарат (рисунок 7.11) складається з рами та пластинчастої поверхні.

Рама має дві стійки: основну 1 та допоміжну 2. На стійках кріпляться горизонтальні підвіси (штанги) 3, на яких підвішуються пластини 4 з гумовими прокладками 5 і плити 6 для стиснення пакета пластин.

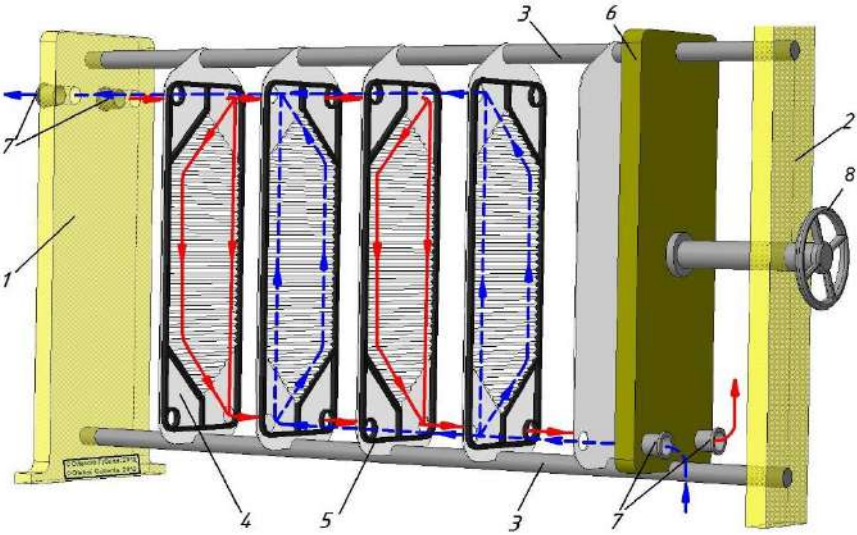
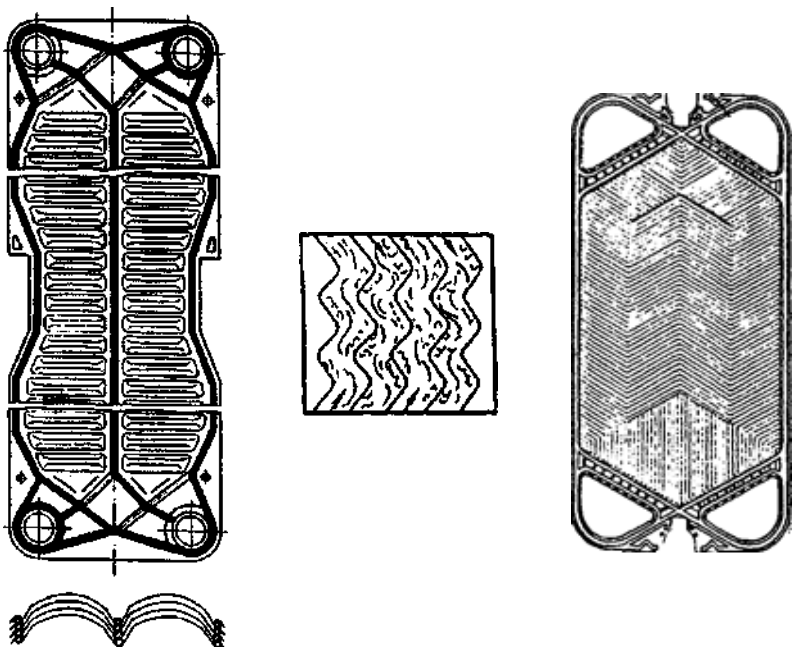


Рисунок 7.11. Схема руху рідин в пластинчатому теплообмінному апараті:
1,2 – стійки; 3 – підвіси; 4 – пластина; 5 – прокладка; 6 – притискна плита; 7 – патрубки; 8 – штурвал.

Пластинчаста поверхня утворюється теплообмінними пластинами з нержавіючої сталі сітчасто-потокового, стрічково-потокового (рисунок 7.12) або іншого типу. Завдяки рифленій поверхні пластин за порівняно малої швидкості руху рідини (0.3–0.8 м/с) за рахунок штучної турбулізації потоку досягають високих коефіцієнтів теплопередачі за незначного гідравлічного опору. Залежно від напрямку потоку рідини в робочому апараті пластини поділяються на ліві Л і праві П. Для лівої пластини кутові отвори для входу і виходу рідини розташовані ліворуч, для правої – праворуч, якщо дивитися на пластини з лицьової сторони.

Залежно від кількості та розташування кутових отворів входу і виходу рідини пластини поділяються на 16 видів. Виготовляють їх способом холодного штампування з листової нержавіючої сталі товщиною 0,7–1 мм. Кожна пластина має кутові отвори.

На кожній пластині є відповідне клеймо, на якому зазначено його тип, різновид і порядковий номер. Таврування пластин потрібно для виконання нових компонувань апарату, а також для збирання його після ремонту.



а *Б* *в*

Рисунок 7.12. Конструкції теплообмінних пластин пластинчастого теплообмінника:

а – стрічково-потокова пластина;
б – схема руху рідини в каналах між пластинами;
в – сітчасто-потокова пластина.

У пластинчатому теплообміннику пластини розташовані паралельно одна одній і ущільнені прокладками. Між робочими поверхнями утворюються невеликі зазори, канали, якими з однієї сторони пластини рухається продукт, з іншої – тепло- або холодоносій.

Сукупність каналів, по яких рухається продукт, тепло- і холодоносій в одному напрямку паралельно один одному, не змішуючись, називається пакетом.

Пластинчастий апарат розділений на пакети, з яких складаються секції: рекуперації, пастеризації, охолодження крижаною водою. Секції відділені одна від одної плитами, в які вмонтовані штуцери для підведення і відведення рідини.

Стиснення пакету пластин відбувається за допомогою гвинтових пристроїв на кінцях штанг 10 (рисунок 7.11) з боку допоміжної стійки. Зусилля стиснення пластин визначається за шкалами, встановленими на нижній і верхній розпірках. Нульова відмітка встановлюється за рискою на планці стяжки і відповідає мінімальному стисненню пластинчатого апарата, що забезпечує герметичність каналів. Після стиснення пластин в апараті утворюються дві герметичні системи каналів, одна з яких призначена для тепло- або холодоносія, інша – для продукту.

У пакетах і секціях завдяки різним комбінаціям кутових отворів формуються колектори для продукту, тепло- або холодоносія. На плитах і основній стійці розміщені штуцери для підведення і відведення продукту, теплоносія або холодоносія до колекторів.

У спіральних теплообмінних апаратах поверхню теплообміну утворюють два зігнуті у вигляді спіралей (рисунок 7.13) металеві листи 1товщиною 2–4 мм, внутрішні кінці яких приварені до розподільної перегородки 2. Утворені в такий спосіб спіральні канали розміром 8 або 12 мм обмежені з боків кришками 3.

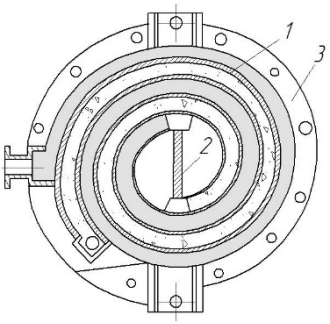


Рисунок 7.13. Спіральний теплообмінник:
1 – спіраль;
2 – розподільна перегородка;
3 – кришка.

Спіралі приварюються до однієї із кришок. Друга кришка встановлюється або із плоскою прокладкою, або зі спіральною манжетою U-подібного перерізу.

7.1.5. Пароконтактні нагрівальні апарати

Контактні підігрівачі використовуються для нагрівання рідини за безпосереднього контакту з нею пари, що обігріває, або гарячих газів. У харчових виробництвах розповсюджені **пароконтактні**

нагрівачі. Їх використають в установках молочних, м'ясних, бродильних виробництв, у цукровій промисловості, там, де припустиме попадання конденсату пари, у продукт.

Пароконтактні нагрівачі бувають в основному двох типів: інжекційного: з подаванням пари в потік продукту; та інфузійного: з подаванням продукту у вигляді крапель, тонких струменів у парове середовище.

Пароконтактні нагрівачі інжекційного типу використовуються в стерилізаційних установках молочної промисловості.

Молоко, яке потрібно нагріти, через кільцевий канал 4 (рисунок 7.14) надходить у сопла і змішується з парою, що піднімається каналом 10. Через камеру змішування 11 гаряче молоко виходить із нагрівача.

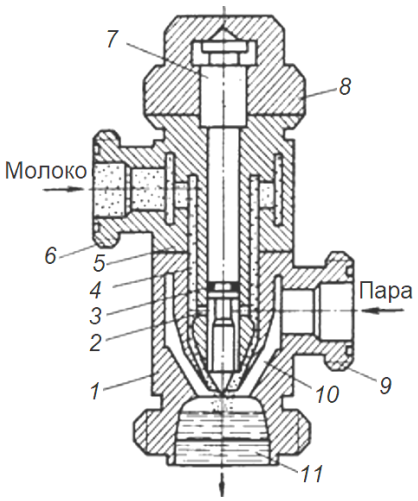


Рисунок 7.14. Схема нагрівального апарату інжекційного типу («пара в молоко»):
1 – корпус нагрівача (нижня частина);
2 – отвір для молока;
3 – ущільнювальне кільце;
4 – кільцевий канал для молока;
5 – корпус нагрівача (верхня частина);
6 – патрубок для введення молока;
7 – центральний стержень;
8 – регулювальна гайка;
9 – патрубок для підведення пари;
10 – канал для пари;
11 – камера змішування.

Пароконтактні нагрівачі інфузійного типу використовуються в стерилізаційних установках молочної промисловості (рисунок 7.15). У нагрівачах цього типу молоко, що нагрівається, через патрубок 2 подається у форсунки 5 і утворені дрібні краплі змішуються з парою, що надходить через патрубок 1. У камері змішання 6 молоко нагрівається до заданої температури та виходить із нагрівача через патрубок 7.

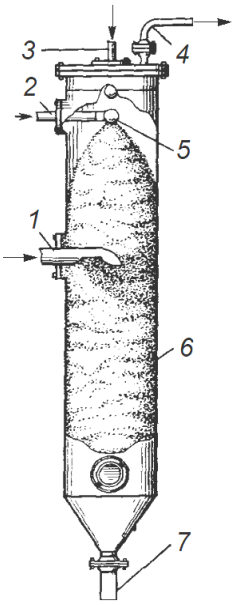


Рисунок 7.15. Нагрівальний апарат типу «молоко в пару»:
1 – патрубок для підведення пари в нагрівач;
2 – патрубок для підведення молока;
3 – патрубок для підведення мийного розчину,
4 – патрубок для повітря;
5 – форсунка для молока;
6 – камера;
7 – патрубок для відведення стерилізованого молока.

7.1.6. Оболонкові теплообмінні апарати

До теплообмінних апаратів із оболонковою поверхнею нагрівання належать автоклави, похилі дифузійні апарати коритного типу, варильні казани, заторні апарати, сирні ванни. На рисунку 7.16 зображений відкритий варильний казан з мідною чашею 1 місткістю 150 л. Чаша може обертатися у цапфах 4 для розвантаження продукту. Цапфи закріплені на чавунних стійках 3. Поворот чаші здійснюється вручну маховиком 8. Розвантаження апарата може здійснюватися через патрубок із затворами 6. Пара, що обігріває апарат, подається в сорочку через цапфу і вентиль 5. Конденсат відділяється через патрубок 9.

Парова камера має вентиль для продування повітря. Такий варильний казан можна використовувати для тиску не більше 0,3–0,6 МПа залежно від діаметра апарату. Для нагріванні в'язких середовищ і середовищ із декількох компонентів варильний казан обладнується мішалками.

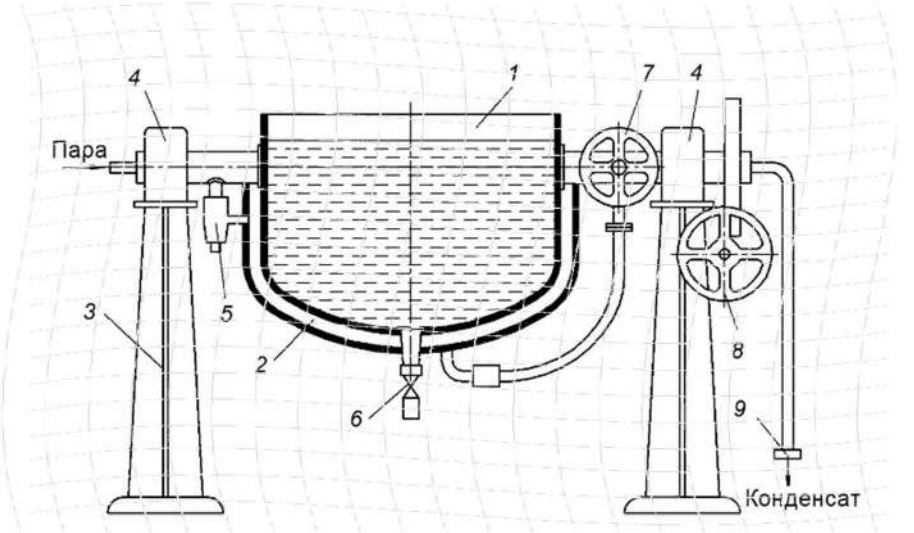


Рисунок 7.16. Варильний казан:
1 – мідна чаша; 2 – парова сорочка; 3 – чавунні стійки; 4 – цапфи; 5 – вентиль подачі пари у водяну сорочку; 6 – вивантажувальний патрубок; 7 – вентиль зливу конденсату; 8 – маховик повороту чаші; 9 – патрубок відведення відпрацьованої пари (конденсату)

7.1.7. Поверхневі та змішувальні конденсатори

У харчових виробництвах для конденсації пари використають конденсатори поверхневі та змішувальні.

Поверхневі конденсатори – це кожухотрубні багатоходові теплообмінники спеціальної конструкції, розташовані вертикально або горизонтально. У міжтрубний простір надходить пара, яку потрібно сконденсувати, по трубках рухається охолоджувач, переважно вода.

Вертикальний поверхневий конденсатор, що встановлюють у вакуум-випарних установках молочної промисловості, показаний на рисунку 7.17.

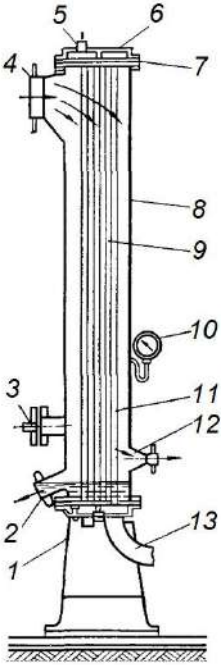


Рисунок 7.17. Вертикальний поверхневий апарат для конденсації:
1 – станина;
2 – патрубок для відведення конденсату;
3 – патрубок для підведення суміші повітря та конденсату з камер випарних апаратів;
4 – патрубок для входу суміші вторинної пари і повітря з сепараторів випарних апаратів,
5 – патрубок для виходу води для охолодження;
6 – кришка;
7, 9 – перегородки;
8 – корпус;
10 – вакуумметр;
11 – труби;
12 – патрубок для відведення повітря;
13 – патрубок для входу холодної води.

Суміш вторинної пари та повітря з сепараторів випарних апаратів через патрубок 4 попадає в міжтрубний простір конденсатора, де конденсується на поверхні труб 11. Всередині труб рухається холодна вода. Конденсат відсмоктується насосом з патрубка 2. З парою та конденсатом надходять повітря та гази, які не конденсуються, для їхнього відведення з міжтрубного простору конденсатора встановлено патрубок 12, що приєднується до вакуум-системи. Для контролю за розрідженням в міжтрубному просторі на корпусі встановлений вакуумметр 10.

У **конденсаторах змішування** (рисунок 7.18) суміш вторинної пари та повітря з сепараторів випарних апаратів надходить у внутрішній простір конденсатора, де конденсується на поверхні крапель або струменів води, що розбризкуються за допомогою форсунок, насадок, полиць, кільцевих вставок або іншим способом.

Конденсатори змішування поділяються на сухі, в яких окремо відводяться конденсат і вода від повітря і газів, що не сконденсувалися, і мокрі, у яких насос відсмоктує разом повітря, гази, воду і конденсат.

Для конденсації пари, особливо за великої її кількості, використовують сухі, або як їх частіше називають барометричні конденсатори (рисунок 7.18а).

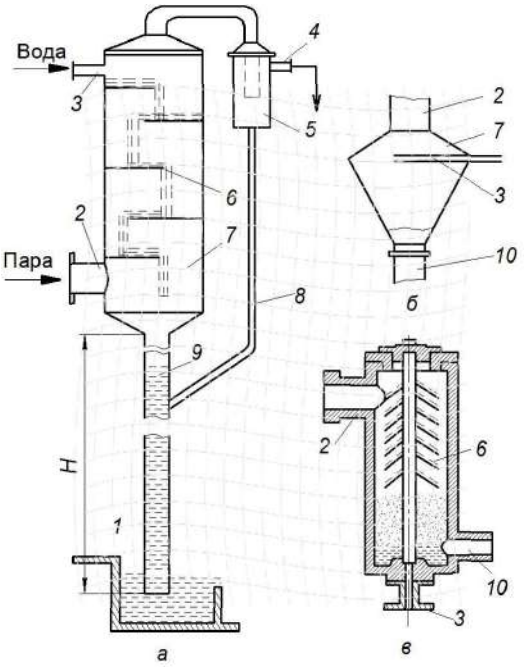


Рисунок 7.18. Конденсатор змішування:
а – протитечійний барометричного типу;
б – прямотечійний з трубчастим розприскувачем;
в – прямотечшйний з поличками:
1 – басейн;
2 – патрубок для входу вторинної пари;
3 – патрубок для входу води;
4 – повітропровід;
5 – уловлювач,
6 – полички;
7 – корпус конденсатора;
8 – зворотна труба,
9 – барометрична труба,
10 – патрубок для виходу суміші води і конденсату.

У такому конденсаторі завдяки роздільному відведенню води і повітря на створення вакууму потрібно витрачати набагато менше енергії. Суміш конденсату та води відводитися барометричною трубою 9, висотою 9-10м. У ній стовп рідини врівноважується атмосферним тиском із басейну 1 і вона може витікати самопливом. Вода для охолодження подається через патрубок 3, попадає на полички 6 і стікає назустріч парі, що входить у корпус конденсатора 7 через патрубок 2.

Повітря та гази з верхньої частини конденсатора проходять через уловлювач 5, патрубок 4 і відсмоктуються вакуум-насосом. Відділені в уловлювачі конденсат і вода відводяться в барометричну трубу.

Мокрі конденсатори (рисунок 7.19, б, в) використовуються в малопотужних установках, переважно періодичної дії, оскільки такі конденсатори швидко включаються в роботу, але для них потрібен вакуум-насос спеціальної конструкції, який може одночасно відсмоктувати воду і повітря.

7.1.8. Комбіновані теплообмінники

У комбінованих теплообмінниках поєднується кілька апаратів для проведення теплових процесів. Наприклад, в установках виробництва спирту для конденсації спиртово-водяних парів і охолодження спирту застосовують апарати з комбінованою поверхнею нагрівання, схема якого наведена на рисунку 7.19.

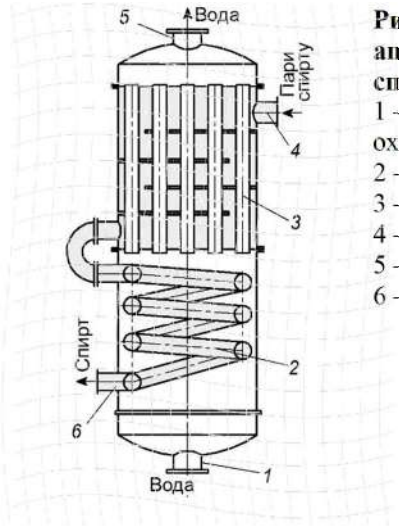


Рисунок 7.19. Комбінований апарат для охолодження парів спирту:
1 – патрубок подачі води для охолодження;
2 – змійовик;
3 – трубки;
4 – патрубок подачі парів спирту;
5 – патрубок для відведення води;
6 – патруок відведення спирту.

Пари спирту надходять у верхню частину апарата через патрубок 4 у багатоходовий міжтрубний простір. Всередині трубок 3 проходить холодний теплоносій (вода), пари спирту охолоджуються і конденсуються. Спиртовий конденсат стікає по перепускному патрубку в змійовик 2, розташований у нижній частині апарата. Охолоджений у змійовику спиртовий конденсат виводиться через патрубок 6. Охолоджувальна вода подається в апарат знизу через патрубок 1 і виводиться через патрубок 5.

7.2. Обладнання для теплового оброблення сировини

7.2.1.Обладнання для бланшування і ошпарювання сировини

Попереднє теплове оброблення харчової сировини проводиться в бланшувачах і ошпарювачах у гарячій воді, водному розчині кухонної солі, лугу, кислоти, а також у середовищі водяної пари.

Бланшування – короткочасне теплове оброблення парою, гарячою водою, гарячим розчином солі та кислоти овочів, фруктів до температури 85–96 °С з негайним наступним охолодженням холодною водою.

Ошпарювання – попереднє оброблення парою з метою розм'якшення тканин плодів і овочів перед протиранням для виготовлення пюре, повидла і продуктів дитячого харчування.

Бланшування і ошпарювання проводять із метою кращого видалення шкірки для подальшого оброблення, збереження природного забарвлення сировини за рахунок інактивації окисних ферментів, витиснення повітря з міжклітинного простору (деаерації), часткового знищення мікроорганізмів, поліпшення проникності клітинних оболонок.

Розрізняють апарати для бланшування:

- безперервної та періодичної дії;
- атмосферні, вакуумні та ті, що працюють під тиском;
- з барботерами або нагрівною камерою.

Найпоширеніші апарати для бланшування безперервної дії: стрічкові, барабанні та шнекові.

Стрічковий бланшувач (рисунок 7.20) застосовується для бланшування в середовищі пари і води зеленого горошку, капусти, шпинату, моркви, картоплі. Апарат для бланшування складається з ванни 2 і стрічкового транспортеру 1, утвореного з двох ланцюгів, до яких прикріплені ківші, виготовлені з перфорованої нержавіючої сталі. Для підведення пари над і під стрічкою встановлені барботери 3. Робоча гілка транспортера розміщена у ванні між верхнім і нижнім барботерами, холоста – під ванною.

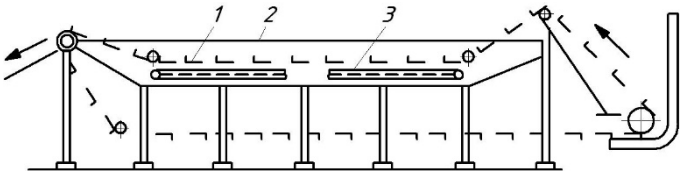


Рисунок 7.20. Апарат для бланшування БК:
1 – стрічковий транспортер; 2 – ванна; 3 – барботер.

Бланшувальний тунель наповнюється водою до рівня переливних бортів, після чого подається пара для нагрівання води у парові простори. Під час бланшування парою вона подається через барботери в камеру із продуктом, який безпосередньо стикається з парою. Під час вивантаження продукт охолоджується водою, що подається пристроєм для розбризкування. Коли бланшування проводять в розчині солі або кислоти замість барботерів установлюють змійовики, що обігріваються парою.

Шнековий ошпарювальний апарат (рисунок 7.21) застосовується для розварювання кісточкових (вишня, абрикос) і зерняткових (яблука) плодів.

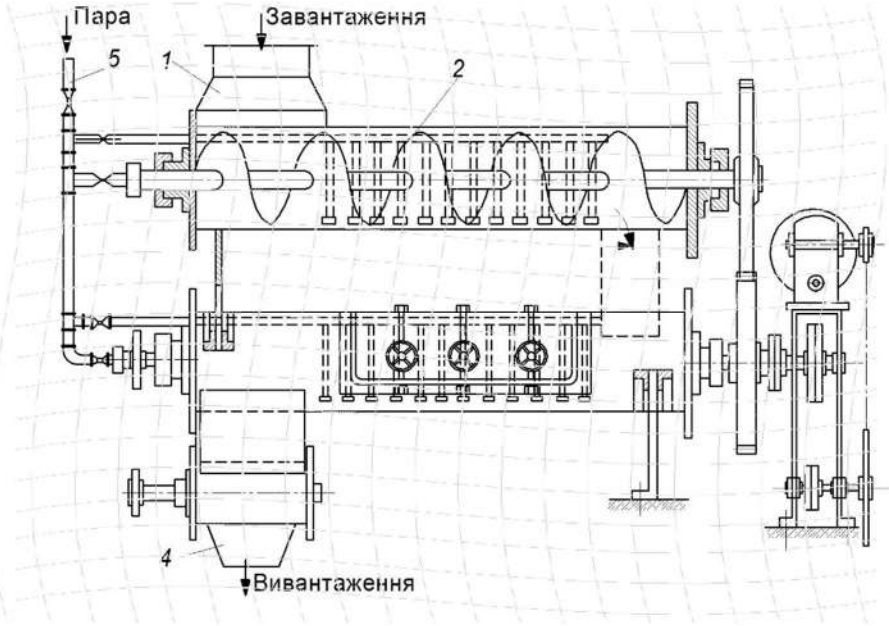


Рисунок 7.21. Шнековий ошпарювальний апарат:
1 – бункер; 2 – шнек; 3 – з'єднувальний рукав; 4 – вивантажувальний лоток.

Перевагою шнекового ошпарювального апарата є безперервність процесу та невелика тривалість оброблення продукту. Але, за таких умов весь конденсат в апараті змішується з продуктом і розріджує його. Шнековий ошпарювальний апарат складається з двох металевих корит, розташованих одне над одним і закритих зверху герметичними кришками. У кожному кориті розміщений шнек із пустотілим валом, у якому є отвори для подавання пари. Продукт безперервно завантажується в бункер 1, захоплюється і транспортується шнеком 2 до протилежного кінця корита, де через з'єднувальний рукав 3 подається в наступне корито і подається до вивантажувального лотка 4.

Закритий ошпарювальний апарат (дигестер) складається із циліндричного корпуса з конічним днищем 7 (рисунок 7.22), в якому розміщений вертикальний вал 4. На валу закріплена лопатева мішалка 3 і шнек 2, які перемішують оброблюваний продукт.

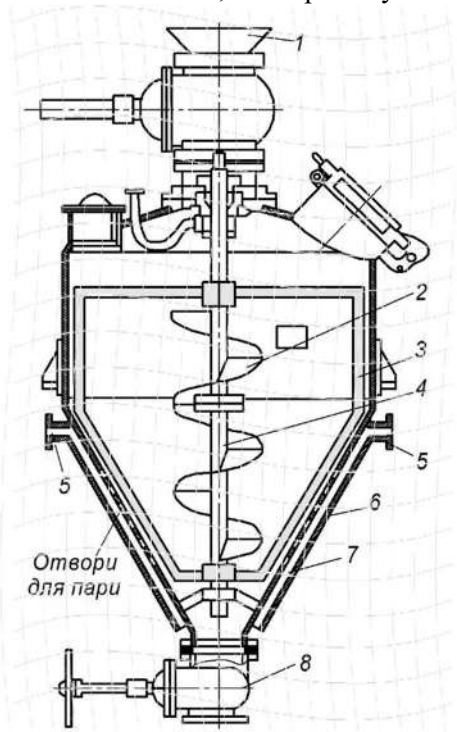


Рисунок 7.22. Закритий ошпарювальний апарат:
1 – завантажувальний бункер;
2 – шнек;
3 – лопатева мішалка;
4 – вертикальний вал;
5 – штуцери для підведення пари;
6 – перфороване дно;
7 – циліндричний корпус із конічним днищем;
8 – шибер.

Пара під тиском 0,2 МПа підводиться через два штуцери 5 у простір між корпусом і перфорованим днищем і через отвори попадає в робочу частину апарату.

Під час роботи дигестера через бункер 1 завантажують до 2000 кг сировини. Шибери щільно закривають та через штуцер 5 подають пару. За досягнення в апараті температури 105-110 °С включають мішалку.

Процес ошпарювання триває 15-25 хв. і залежить від виду сировини, її зрілості та розмірів. Після завершення ошпарювання припиняють подавання пари, відкривають засувку 8 і вивантажують масу в протиральну машину.

7.2.2. Обладнання для варіння сировини

Варіння продуктів у технологічних процесах харчових виробництв знайшло широке застосування. Так, під час виробництва спирту одним з найбільш важливих процесів є розварювання зерна і картоплі, у пивоварному виробництві варять хмільне пивне сусло.

Розварювання крохмалевмісної сировини на спиртових заводах здійснюється періодичним і безперервним способами. Періодичне розварювання застосовується під час перероблення грубо подрібненого зерна. Безперервне розварювання більш ефективне, тому що менші витрати пари, вище вихід продукту, кращі умови автоматизації та обслуговування обладнання.

Із безперервних схем найпоширеніші схеми з колонними апаратами і трубчастими розварювальними прпратами.

Подрібнена крохмалевмістна сировина перед розварюванням змішується з гарячою водою й отриманий заміс нагрівається вторинною парою. За схемою швидкісного розварювання змішування сировини з водою і нагрівання маси виконують роздільно: змішування – у змішувачі, нагрівання – у трубчастому теплообміннику.

За схемою розварювання за зниженої температури змішування і нагрівання замісу здійснюють в одному апараті – змішувачі-передрозварювальнику.

Змішувально-передрозварювальний апарат (рисунок 7.23) – корито-подібна ємкість 1 місткістю 3 м^3 розділена перегородкою 2 на дві секції.

Змішувач 3 призначений для змішування подрібненого зерна з водою температурою 35–40 °С, передрозварювальник 4 – для нагрівання замісу. Для перемішування подрібненої сировини на пустотілому валу 5 закріплена мішалка, у змішувачі лопаті мішалки горизонтальні, а в передрозварювальнику – стрічкові, виконані по гвинтовій лінії, для замішування і переміщення маси продукту вздовж апарату. Вал мішалки обертається з частотою 30 об/хв від двигуна потужністю 4 кВт.

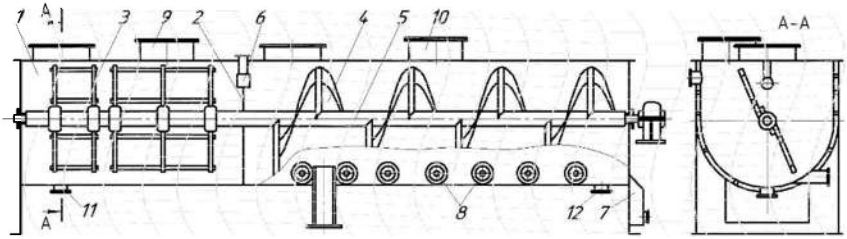


Рисунок 7.23. Змішувально-передрозварювальний апарат:
1 – коритоподібна ємкість; 2 – перегородка; 3 – змішувач;
4 – передрозварювальник; 5 – пустотілий вал; 6 – патрубок;
7 – шиберна заслінка; 8 – патрубок вторинної пари; 9,10 – люки;
11, 12 – патрубки для вивантаження маси із апарата.

Зі змішувача через патрубок 6 у перегородці 2 заміс перетікає в передрозварювальник. Рівень маси в апараті регулюється шиберною заслінкою 7. Вторинна пара для нагрівання замісу підводиться до апарата через патрубок 8. Люки 9 і 10 служать для огляду і ремонту апарата, патрубки 11 і 12 призначені для очищення апарата від маси під час зупинки. В'язкість маси збільшується з підвищенням температури нагрівання та залежить від тривалості перебування замісу в передрозварювальнику. Час перебування замісу в апараті 10-15 хв.

Із передрозварювального апарату суміш перекачується плунжерним насосом через контактну головку, де підігрівається до 138– 40 °С у варильну колону першого рівня. Потім суміш перетікає в колони другого рівня. Колон другого рівня може бути від 2 до 4. Переміщення продукту з однієї колони в іншу відбувається під впливом різниці рівнів за однакового тиску в паровому просторі. Загальна тривалість розварювання 45–55 хв.

Варильна колона першого рівня (рисунок 7.24) – це зварна конструкція, загальний об'єм колони 9,6 м^3, робочий тиск 0,5 МПа.

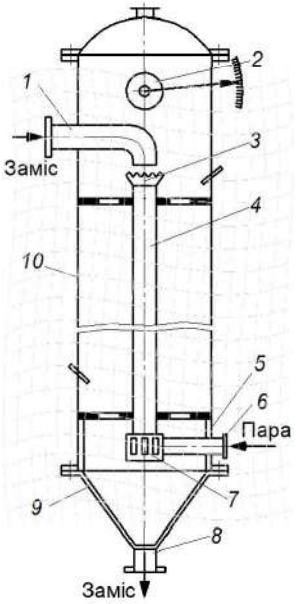


Рис 7.24. Варильна колона:
1 – штуцер подавання маси;
2 – поплавковий пристрій;
3 – розподільчий бункер;
4 – трубчаста вставка;
5 – корпус;
6 – штуцер для підведення пари;
7 – пароросподільний пристрій;
8 – випускний штуцер;
9 – конус.

Всередині циліндричного корпусу встановлені трубчаста вставка 4 з бункером 3 у верхній частині та пароросподільний пристрій 7 зі щілинними отворами у нижній частині. Пара підводиться у пароросподільний пристрій через штуцер 6. У нижній частині корпусу 5 і в конусі 9 для підвищення міцності встановлені запобіжні гільзи.

Маса через штуцер 1 подається в розподільчий бункер 3, вторинна пара переливається через краї, стікає між корпусом 5 і трубчастою вставкою 4 і виходить через штуцер 8. Рівень маси в колоні контролюється поплавковим пристроєм 2.

Для швидкісного розварювання застосовують **трубчастий розварювальний апарат** (рисунок 7.25), у якому заміс підігрівається парою під тиском 0,8 МПа до 170 °С за допомогою контактної головки.

Підігрітий заміс із контактної головки надходить у вертикальні труби апарата. Пара в апарат не підводиться, маса в трубах переміщується за рахунок перепаду тисків, на виході тиск

знижується до 0,4 МПа. Під час просування по трубах з маси виділяється пара внаслідок зниження тиску. Суміш маси та пари, переміщується, диспергується під час проходження через діафрагму і переходи сполучення.

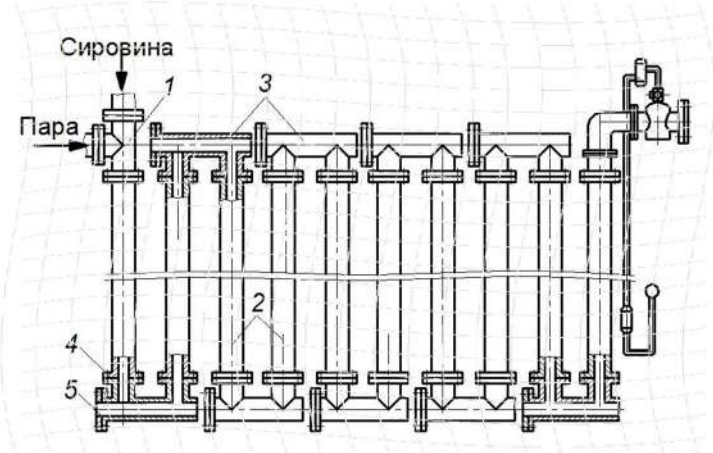


Рисунок 7.25. Трубчастий розварювальний апарат:
1 – контактна головка; 2 – вертикальні труби; 3 – перегородки;
4 – діафрагма; 5 – запобіжні змінні гільзи.

Трубчастий розварювальний апарат складається з контактної головки 1 і батареї (12 шт.) вертикальних труб 2, з'єднаних зверху і знизу перегородками 3, які прикріплені до вертикальних труб фланцями. Загальна місткість апарата 1,5 м^3. У фланцевих з'єднаннях установлені діафрагми 4. Тиск на виході з апарата регулюється клапаном.

Для зменшення зношування стінок переходів після діафрагми встановлюють запобіжні змінні гільзи 5.

Заторні апарати призначені для змішування (затирання) подрібненого солоду з водою, нагрівання та кип'ятіння заторної маси. Виготовляють заторні апарати місткістю від 1 т до 5,5 т солоду.

Заторний апарат (рисунок 7.26) - це сталевий циліндричний резервуар з подвійним сферичним днищем і сферичною кришкою. В простір між днищами подається пара. Всередині апарата є пропелерна мішалка для перемішування заторної маси, на шарнірі розташована стяжна труба з поплавком для відбору рідкої фази затору.

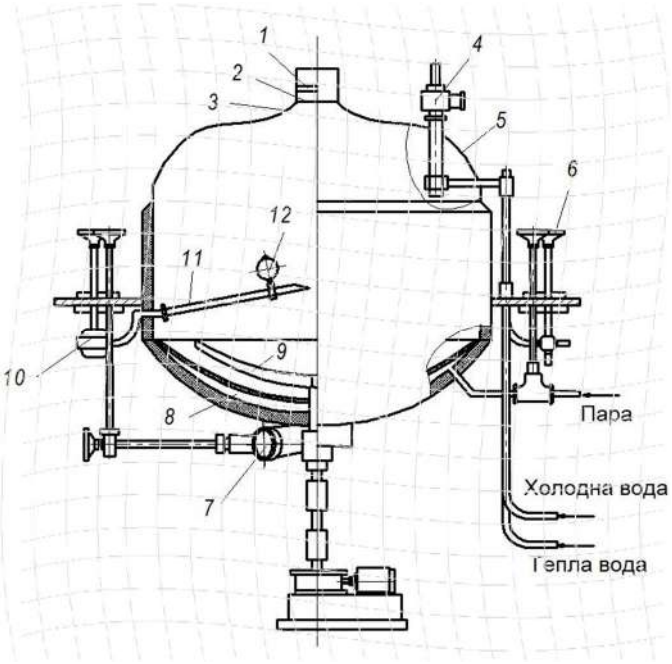


Рисунок 7.26. Заторний апарат:
1 – дросельна заслінка; 2 – кільцевий збірник; 3 – витяжна труба;
4 – передзаторник; 5 – сферична кришка; 6 – манометр;
7 – вивантажувальний пристрій; 8 – сферичне днище; 9 – пропелерна мішалка;
10 – запірний пристрій; 11 – стяжна труба; 12 – поплавковий пристрій.

Подрібнений солод надходить у передзаторник, де змочується теплою водою, потім у вигляді кашки зливається в апарат. Після відварювання заторна маса нагнітається насосом знову в апарат для кип'ятіння, а потім подається у фільтраційний апарат.

Сусловарильні апарати призначені для варіння пивного сусла з хмелем і випарювання частини води для одержання сусла визначеної щільності.

За конструкцією ці апарати аналогічні заторним - це зварний циліндричний резервуар з паровою сорочкою, сферичним днищем і кришкою, що забезпечує інтенсивну колову циркуляцію сусла, що кипить.

Сусловарильні апарати місткістю від 1 до 5 т затору можуть бути відкритого або закритого типу, що працюють під тиском 0,03–0,05 МПа. В апаратах, що працюють під тиском, досягається більш повна коагуляція білків, підвищується біологічна стійкість пива.

7.2.3. Обладнання для пастеризації та стерилізації харчової сировини

У харчовій промисловості для збільшення терміну зберігання харчових продуктів широко використається пастеризація і стерилізація. Технологічні параметри теплового оброблення (температура, тривалість процесу, тиск) залежать від виду і властивостей продукту, передбаченого терміну зберігання.

Процес теплового оброблення складається із трьох етапів: нагрівання продукту до регламентованої температури, витримки і наступного охолодження.

Для пастеризації та стерилізації в харчовій промисловості використовують обладнання періодичної та безперервної дії.

Пастеризація продукту проводиться за температури від 50 до 100 °С, після нагрівання продукт витримується певний час. За цей час гинуть вегетативні хвороботворні форми мікроорганізмів, оптимальною температурою життєдіяльності яких є температура 20–40 °С.

Так, наприклад, практично встановлено, що оптимальна температура пастеризації в потоці пива 70–75 °С, тривалість витримки 20–40с, молока – 75–85 °С, тривалість витримки 15–30 с.

Теплове оброблення за температури понад 100°С називається *стерилізацією*. У процесі такого теплового оброблення відмирає більша частина мікроорганізмів, які утворюють спори, стійкі до температури нижче 100 °С.

Повна інактивація мікрофлори залежить від температури і тривалості витримки продукту. Стерилізація проводиться як під час руху продукту по трубі так і розфасованого в тару.

Стерилізатори періодичної дії називаються **автоклавами**. Вони бувають вертикальними і горизонтальними. Найбільш поширені вертикальні автоклави, призначені для стерилізації герметично закупорених банок із продуктом за температури вище 100°С.

Вертикальний автоклав (рисунок 7.27) складається з корпуса 3, кришки 4, кошика 10, штуцера 9 для підключення регулятора арматури для з'єднання з магістралями пари, повітря і для зливання конденсату.

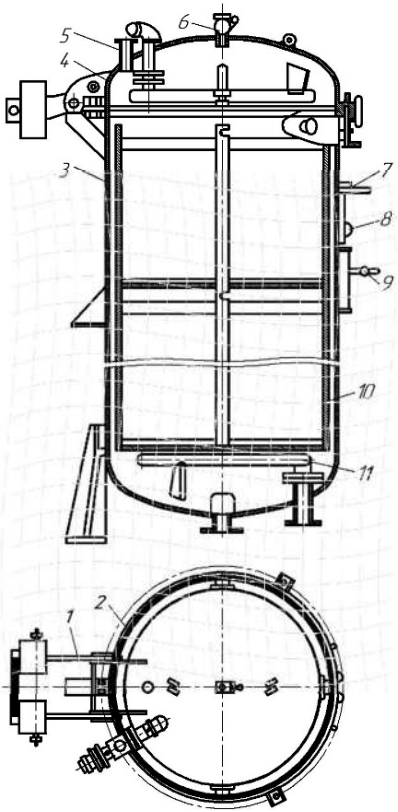


Рисунок 7.27. Вертикальний автоклав:
1 – врівноважувальний пристрій;
2 – затискач;
3 – корпус;
4 – кришка;
5 – запобіжний клапан;
6 – пробно-спусковий кран;
7 – термометр;
8 – манометр;
9 – програмний регулятор;
10 – кошик;
11 – кільцевий барботер.

В корпусі встановлений манометр 8, термометр 7, і датчики регулятора. Внизу корпусу розташовані барботер для подавання пари 11 і зливальний патрубок зі стаканом.

Фланці кришки і корпусу притискаються один до одного за допомогою швидкодіючого затискача 2, що складається з п'ятнадцяти секторних захватів, закріплених на кільцях із пружинної полосової сталі, та важільної системи для стягування і розведення постійного затискача.

На кришці є штуцери запобіжного клапана 5 і пробно-спускового крану 6.

Пара і повітря подаються в нижню частину автоклава; відведення води може здійснюватися як у верхній, так і в нижній частині корпусу; підведення води для охолодження – тільки у верхній частині. Кришка 4 оснащена врівноважувальним пристроєм

1, що зменшує зусилля під час відкривання і закривання. Застосування програмного регулятора 9 дозволяє проводити процес стерилізації в автоматичному режимі.

Парова стерилізація продуктів у банках проводиться в такий спосіб: наповнені банками циліндричні пористі сталеві кошики, місткістю близько 500 л, установлюють в автоклав одна на другу, герметизують за допомогою кришки 4, після чого відкривається продувний кран і паровий вентиль, що сприяє видаленню з автоклава повітря парою. З появою пари із продувного крана його закривають та ведуть нагрівання продукту до встановленої температури. Тривалість нагрівання встановлюється заданим режимом стерилізації. Після закінчення процесу стерилізації паровий вентиль закривають та поступово знижують тиск і температуру, випускаючи водночас пару через продувний вентиль. Оброблені банки із продуктом проходять стадію охолодження до температури 40–50 °С у самому автоклаві або зовні.

Стерилізація продуктів у скляній тарі у воді з водяним притиском проводиться в такий спосіб: наповнені банками кошики встановлюють в автоклав один на другий, герметизують апарат за допомогою кришки 4. Апарат наповнюють водою, температура якої на 10–15 °С вище температури тари із продуктом. Через паровий барботер в автоклав подається пара, поступово підвищується температура в ньому до встановленої технологічним режимом. Повітряним компресором в апараті створюється та підтримується постійний тиск. Після закінчення стерилізації пара і гаряча вода поступово витісняються з апарата холодною водою через трубу для зливання.

Особлива увага надається процесу охолодження скляної тари із продуктом. Це пов'язане з тим, що в зовнішніх шарах стінок скляної тари під час нагрівання виникають зусилля стиснення, а під час охолодження в них виникають зусилля розтягування. Встановлено, що найнебезпечнішим з технологічної точки зору, є охолодження тари від температури стерилізації до 70°С. У зв'язку з цим під час охолодження температура в автоклаві повинна знижуватися поступово і рівномірно.

Завантаження та розвантаження кошиків банками відбувається різними способами: ручним, автоматизованим, із застосуванням водяної подушки.

Найбільш широке використання набув спосіб завантаження з

застосуванням водяної подушки, порожня сітка занурюється в резервуар з водою, рівень якої вище від верхнього кільця сітки. Банки подаються у воду, що запобігає їх деформації та биття. Кошики із заповненими банками виймаються з резервуара і укладаються в автоклав.

Для розвантаження банок з кошиків після стерилізації використовується такий же резервуар, але заповнений розчином, питома вага якого більше питомої ваги банок.

Горизонтальний автоклав. Горизонтальний автоклав (рисунок 7.28) складається з корпуса 1, з боковими кришками 2, що герметично закриваються за допомогою притискного пристрою 3. Усередині корпусу встановлений барботер 4 для пари, і змонтована спеціальна колія для переміщення візків з оброблюваним продуктом. Горизонтальні автоклави виготовляють на один, чотири і шість візків і конструктивно вони відрізняються між собою лише довжиною корпусу. Аналогічно вертикальним автоклавам горизонтальні автоклави комплектуються відповідними контрольно-вимірювальними приладами та комунікаціями.

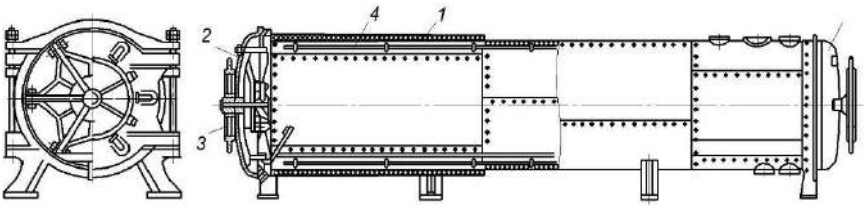


Рисунок 7.28. Горизонтальний автоклав:
1 – корпус; 2 – кришки; 3 – притискний пристрій; 4 – барботер.

Наявність двох кришок дає можливість завантажувати продукцією апарат з одного боку, а розвантажувати з протилежного, що забезпечує потоковість технологічного процесу. Горизонтальні стерилізатори розраховані на роботу за температури до 140 °С та тиску до 500 кПа.

Установлено, що надання корпусу механічного обертового руху дозволяє значно скоротити загальну тривалість стерилізації, поліпшити умови теплопередачі, підвищити якість оброблення продукту. Обертання барабана здійснюють за допомогою електродвигуна, який укомплектований варіатором швидкості.

Слід зазначити, що для апаратів періодичної дії характерна більша енергоємність (на 600 кг продукції витрачається близько 375 кг пари, 8,0 $м^3$ охолоджувальної води і 7,0 $м^3$ повітря), менша продуктивність та значні витрати ручної праці. Крім того, в апаратах періодичної дії неможливе дотримання оптимальних умов оброблення відповідно до технологічного режиму для кожного виду продукції, що приводить до зниження біологічної цінності продукту.

У промисловості використають тунельні, баштові, роторні установки безперервної дії для пастеризації та стерилізації продукції розфасованої в тару. Тунельні установки працюють за атмосферного тиску, баштові та роторні – надлишкового.

Апарати для пастеризації безперервної дії. В харчовій промисловості для пастеризації продуктів, розфасованих у тару, використають тунельні пастеризатори безперервної дії зрошувального типу. Тривалість оброблення продукту в безперервно діючих пастеризаторах близько 50–60хв.

Такі пастеризатори, як правило, мають форму подовженого – одно, дво або триярусного тунелю; містять зони підігрівання (49–85 °С), витримування (пастеризації) (72–75 °С) і охолодження (58–20 °С). Кількість ярусів і, відповідно, габаритні розміри пастеризатора пов'язані з його продуктивністю – від 6000 шт/год до 80000 шт/год.

В тунельних пастеризаторах витрачається велика кількість теплоти, і тільки частина його рекуперується. Так середні витрати пари за тиску 400 кПа становлять 50–80 кг на 1000 пляшок місткістю 0,5 л. Для запобігання бою пляшок у багатьох тунельних пастеризаторах температурні зони розділені на підзони, в результаті чого довжина пастеризатора значно збільшується.

Тунельний пастеризатор зрошувального типу (рисунок 7.29) має довгий металевий тунель прямокутної форми, всередині якого пляшки ланцюговим або колосниковим конвеєром 3 переміщуються в напрямку розвантажувального пристрою 8. У нижній частині розташовуються збірники води з різною температурою, а у верхній частині – резервуар 15 і розподільчі пристрої 4, 7 для рівномірного зрошення пляшок. Циркуляцію води забезпечують насоси 10 і 11.

Кількість пляшок у пастеризаторі залежить від їхнього діаметра. Так у пастеризаторі продуктивністю 6000 шт/год може оброблятися за годину 6000 пляшок місткістю 0,5 л, 7500 пляшок місткістю 0,33 л або 5400 пляшок місткістю 0,65 л. Швидкість руху пляшок у пастеризаторі невелика і становить 3–4 мм/с.

Тунельні пастеризатори забезпечують одночасно теплове оброблення тари, продукту, закупорювального матеріалу; усувають можливість повторного попадання мікроорганізмів у пиво, дають можливість регулювання діапазону продуктивності залежно від місткості пляшок. У пастеризаторі можна здійснювати теплове оброблення продукту в скляній або металевій тарі.

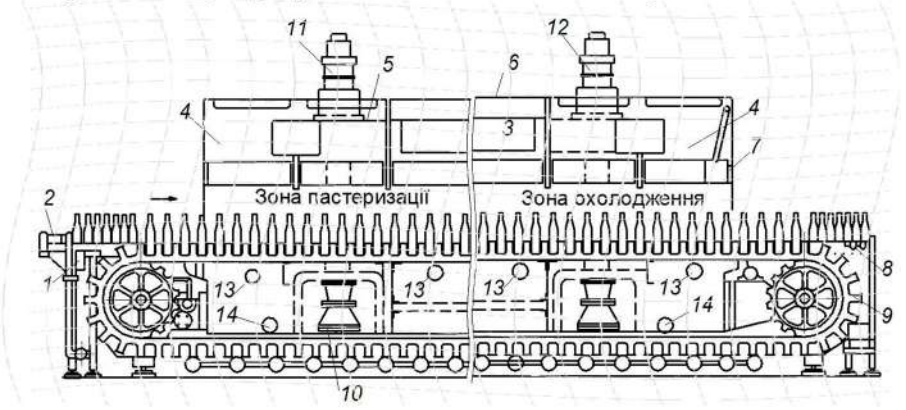


Рисунок 7.29. Схема тунельного пастеризатора:
1,2 – завантажувальний пристрій; 3 – резервуар з водою; 4, 7 – зрошувальні пристрої; 5 – розподільник води; 6 – верхні кришки, що знімаються; 8 – пристрій для вивантаження пляшок; 9 – конвеєр; 10 – насос для циркуляції води із зони попереднього підігрівання в зону охолодження; 11 – насос для циркуляції води із зони охолодження в зону попереднього підігрівання; 12 – трубопровід для підтримання постійного рівня води; 13 – переливний отвір; 14 – отвір для зливання води.

До недоліків варто віднести більшу металоємність, значні втрати теплоти в навколишнє середовище в результаті більших конструктивних розмірів, термічний бій пляшок (підвищені втрати продукту), більші монтажні та виробничі площі.

Інжекційний стерилізатор застосовують для асептичного консервування, коли продукт піддається короткочасній стерилізації за високих (140 °С) температур. Потім він швидко охолоджується і пакується в асептичних умовах.

Стерилізацію проводять у пластинчастих або трубчастих теплообмінниках, а також у пароконтактних стерилізаторах. У цих апаратах продукт змішується з парою високого тиску, що інжектується в апарат, і потім охолоджується у вакуум-камері.

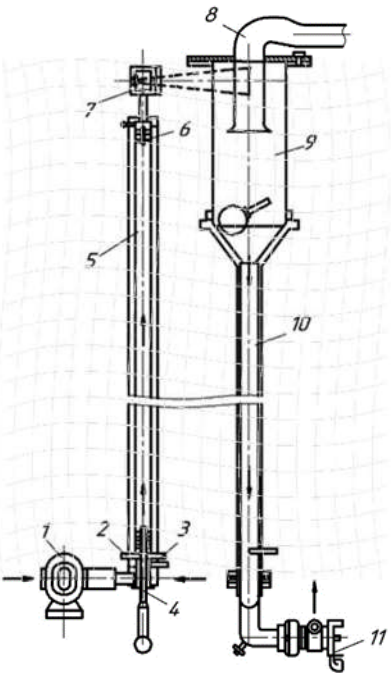


Рисунок 7.30. Принципова схема інжекційного стерилізатора:
1 – насос;
2 – інжекційна головка;
3 – патрубок для пари;
4 – вал; 5 – труба;
6 – спускний кран;
7 – зворотний клапан;
8 – труба вторинної пари;
9 – вакуум-камера;
10 – барометрична трубка;
11 – продуктовий насос.

Перевагою таких стерилізаторів є відсутність пригоряння продукту, значне скорочення тривалості нагрівання в порівнянні із пластинчастими теплообмінни-ками, охолодження продукту у вакуум – камері проходить майже миттєво. Принципова схема інжекційного стерилізатора показана на рисунку 7.30.

Продукт насосом 1 нагнітається в інжекційну головку 2, у якій він змішується з гострою парою, що проходить через патрубок 3, завдяки інтенсивному перемішуванню мішалкою, встановленої на валу 4, продукт рівномірно нагрівається до температури відповідної тиску пари. За цієї температури продукт перебуває в трубці 5 необхідний для стерилізації час.

Після повторного перемішування мішалкою продукт надходить у вакуум-камеру 9 через зворотний клапан 7. За рахунок різкого зниження тиску відбувається самовипаровування води із продукту та охолодження його до 35–37 °С. Утворена у вакуум-камері 9 вторинна пара по трубі 8 направляється в конденсатор, з'єднаний з вакуум-насосом.

Продукт по барометричній трубі 10 рухається до продуктового насоса 11 і нагнітається ним у наповнювач або асептичну ємність.

Температура стерилізації регулюється тиском і кількістю гострої пари, що подається в інжекційну головку.

7.2.4 Промислові печі

Випікання є складним комплексом процесів, що складаються із теплофізичних, мікробіологічних, колоїдних і біохімічних змін, що протікають у тісті під час його гігротермічного оброблення.

У процесі випікання шматок тіста набуває істотних змін.

Визначальними процесами під час випікання хліба є *теплофізичні процеси*. У результаті зовнішніх і внутрішніх тепломасообмінних процесів відбувається прогрівання і перетворення тіста в хліб. Усередині тістової заготовки із тіста утворюється і все більше збільшується шар м'якушки. Прогрівання шматка тіста у пекарній камері відбувається в результаті зовнішнього теплообміну між заготовкою, елементами, які віддають тепло і середовищем пекарної камери.

У процесі випікання вуглекислий газ, що накопичився в тісті в процесі його бродіння у вигляді газової фази, у розчиненому стані в рідкій фазі, оклюдованого білками випаровується і збільшується в об’ємі, що приводить до збільшення об’єму тістової заготовки. Зміна об’єму пов'язана з утворенням форми хліба. Через деякий час приріст об’єму сповільнюється, з часом зовсім припиняється і до кінця процесу випікання об’єм і форма хліба залишаються незмінними

Мікробіологічні процеси. Нагрівання тіста до 35-40 °С підсилює життєдіяльність дріжджових клітин і кислотоутворювальних бактерій. За температури вище 45 °С газоутворення різко знижується, а з подальшим прогрівання тіста до 60 °С життєдіяльність мікроорганізмів припиняється.

Біохімічні процеси, що відбуваються у шкоринці хліба під час випікання, істотно впливають на якість хліба. На поверхні шматка тіста у пекарній камері утворюється тонка суха плівка, згодом товщина її збільшується, утворюється шкоринка.

Велике значення у оцінюванні якості хліба має забарвлення шкоринки пшеничного хліба, що обумовлено утворенням у ній меланоїдінів – темнозабарвлених продуктів взаємодії відновлювальних незброджених цукрів, і продуктів протеолізу білків (амінокислот), а також у результаті накопичення продуктів карамелізації цукрів. Забарвлення шкоринки в процесі випікання безперервно змінюється, темнішає.

Важливими показниками якості хліби є аромат і смак. Формування аромату хліба обумовлено біохімічними процесами, що

відбуваються під час бродіння і, особливо, під час випікання. Склад ароматичних речовин хліба дуже складний – більше 200.

Колоїдні процеси, що відбуваються у шматку тіста під час випікання, спричиняють перехід тіста в м'якушку. За температури 60–70 °С білкові речовини (клейковина) денатуруються і згортаються, звільняючи воду, поглинену під час набухання.

Із підвищенням температури до 60 °С крохмаль інтенсивно набухає і клейстеризується. Вода, що виділилася від денатурації білків, поглинається крохмалем, що клейстеризується, спричиняючи перехід тіста у м'якушку.

Зовнішній тепломасообмінний процес між тістовою заготовкою і середовищем пекарної камери визначає режим випікання.

На прогрівання тістової заготовки в процесі випікання впливають як зовнішні фактори (температура середовища і поверхонь пекарної камери, що віддають тепло, відносна вологість та швидкість руху пароповітряного середовища пекарної камери), так і внутрішні (теплофізична характеристика тіста і м'якушки, маса, вологість, пористість, форма тістової заготовки).

Нагріті поверхні пекарної камери передають тепло хлібу випромінюванням і конвекцією через середовище пекарної камери та кондукцією (теплопровідністю) від поду печі.

Протягом всього процесу випікання маса тістової заготовки, що випікається, зменшується в результаті випарування вологи з поверхні хліба, зневоднення поверхневого шару тіста, що перетворюється у шкоринку.

Різниця між масою шматка тіста і масою хліба називається *упіканням.*

Величина упікання хліба може коливатися в межах 6–14% залежно від форми та маси виробів і режиму випікання.

Протягом тисячоліть для випікання хліба та готування їжі використовували печі різних конструкцій від домашньої жарової печі до сучасних промислових печей великої продуктивності, які є складними агрегатами, що складаються з теплових, механічних, автоматичних та інших пристроїв.

Незважаючи на різноманітність конструкцій та їх складність, можна виділити загальні для всіх основні елементи пічного агрегату:

- пекарна камера;
- генератор тепла;
- теплообмінні пристрої;
- транспортувальні пристрої;
- каркас і огородження;
- допоміжні пристрої.

В основу класифікації хлібопекарських печей покладені наступні ознаки:

- технологічна (призначення пічного агрегату);
- площа поду (продуктивність);
- теплотехнічний (спосіб обігрівання пекарної камери);
- тип (конфігурація) пекарної камери;
- конструкція транспортувального пристрою.

За технологічною ознакою хлібопекарські печі можна розділити на групи:

- *універсальні* печі, в яких можна випікати хлібні та борошняні кондитерські вироби різноманітних асортиментів;
- *печі для випікання широкого асортименту виробів* – більша частина печей, які використовуються в промисловості;
- *спеціалізовані* печі для випікання певного виду виробів, для випікання печива, солодкої соломки і пряників, тандир – для випікання національних виробів.

Площа поду зазвичай складає 10, 16, 25,(40), 50, 80, 100 і 125 м^2. Умовно їх поділять на:

- печі малої продуктивності із площею поду менше 10 м^2;
- печі середньої продуктивності із площею поду від 10 м^2 до 50 м^2;
- печі великої продуктивності із площею поду 50 м^2 і більше.

За теплотехнічною ознакою печі поділяються на:

- регенеративні (жарові) печі;
- канальні печі;
- печі із циклотермічним обігріванням (рециркуляцією продуктів згоряння);
- печі з пароводяним обігріванням;
- печі із внутрішньо камерним спалюванням газу (газові печі);
- печі з конвективним обігріванням;
- печі з електрообігріванням;
- печі зі змішаним обігріванням.

Ця класифікаційна ознака є головною і найбільш повно характеризує пічні агрегати.

За типом пекарної камери печі бувають двох типів: тупикові та тунельні (прохідні).

У тупикових печах завантаження тістових заготовок на під печі та вивантаження готової продукції відбувається через одне вікно. Така конфігурація пекарної камери застосовується в печах малої та середньої продуктивності зі стаціонарним, висувним і реверсивним сітчастим подом, у печах з конвективним обігріванням та випіканням на багатоярусних візках, а також у печах з колисково-подовим конвеєром. Перевагою таких печей є те, що всі гілки конвеєра ефективно використовуються, тому що холоста гілка відсутня. Однак тупикова пекарна камера створює труднощі в організації потокового механізованого виробництва.

У сучасних конструкціях печей із сітчастим або пластинчастим конвеєром пекарна камера наскрізна і має форму довгого тунелю.

Тунельний тип пекарної камери сприяє організації потокової технологічної лінії.

Для зниження вентиляційних втрат необхідно щоб вікна завантаження і вивантаження розташовувалися нижче нижньої поверхні, передає тепло в середовище пекарної камери, тобто дотримуватися принципу не обігрітого підгазозливного простору.

За конструкцією транспортувального пристрою розрізняють печі:

- зі стаціонарним подом;
- висувним, карусельним подом;
- конвеєрним подом.

Печі з конвеєрним подом – це найпоширеніший тип сучасних печей.

Конвеєрні поди бувають наступних типів:

- ланцюговий колисково-подовий;
- стрічковий сітчастий, суцільний (для пряників);
- ланцюговий пластинчастий;
- ланцюговий сітчастий
- кільцевий суцільний.

Ланцюгові колисково-подові конвеєри застосовуються у печах із багатонитковим конвеєром із тупиковою або прохідною пекарною камерою. Під час повороту конвеєра навколо ланцюгового блоку тістові заготовки незмінно зберігають горизонтальне положення у

просторі. Недоліком колискових конвеєрів є труднощі механізації завантаження тістових заготовок і знімання готових виробів.

Стрічкові поди застосовуються у тунельних печах. Найбільшого поширення у тунельних печах одержали сітчасті поди, що складаються із сітки, натягнутої на два барабани, і яка ковзає нижньою поверхнею пекарної камери. У кондитерських печах зустрічаються аналогічні поди зі сталевої стрічки.

Печі з канальним обігріванням одержали найбільше поширення в промисловості для випікання хліба, булочних і борошняних кондитерських виробів. Існує багато конструкцій канальних печей, що відрізняються між собою продуктивністю, асортиментом, конструкцією поду, видом матеріалу, з якого вони виготовлені. Однак, незважаючи на розбіжність конструктивних форм принцип роботи всіх канальних печей однаковий.

За цього способу обігрівання теплоносієм є димові гази, які рухаються по системі каналів. Тепло від газів передається в пекарну камеру через стінку каналу, яка знаходиться в пекарній камері.

Робоча стінка каналу – поверхня теплообміну – залежно від температури димових газів виготовляється з різних матеріалів.

Для прикладу розглянемо тупикову піч Г4-ХПЛ (рисунок 7.32) із площею поду 25м^2, з канальною системою обігрівання.

В пекарній камері печі розміщений чотириниткoвий ланцюговий колисковий конвеєр. Обігрівання печі здійснюється каналами 3 за рахунок теплоти димових газів, які надходять з топки 4. Димові гази передають теплоту в пекарну камеру та направляються для обігрівання теплоутилізатора 11.

Регулювання руху димових газів здійснюється за допомогою шиберів, установлених у каналах на виході газів з печі. В кінці топки у каналі 7 встановлені парогенератори 6. Гострі топкові гази подаються до парогенераторів через перепускні канали 9. Після обігрівання парогенератора гази з'єднуються з димовими газами в бічних вертикальних каналах.

Зниження температури димових газів за рахунок відбору теплоти, витраченої на обігрівання парогенераторів, дозволяє збільшити термін роботи радіаторних коробок.

Продуктивність парогенераторів регулюється за допомогою шиберів 10, розміщених з боків печі. Зона зволоження печі 12 відділена від пекарної камери екраном 13 для підтримання в цій зоні

температури середовища 100-120 °С і створення оптимальних умов для гігротермічного оброблення тістових заготовок.

Продуктивність печі Г4-ХПЛ-25 для формового хліба – 21 т/добу.

Сучасним, найбільш перспективним способом обігрівання печей є обігрівання сумішшю продуктів згоряння і рециркуляційних газів.

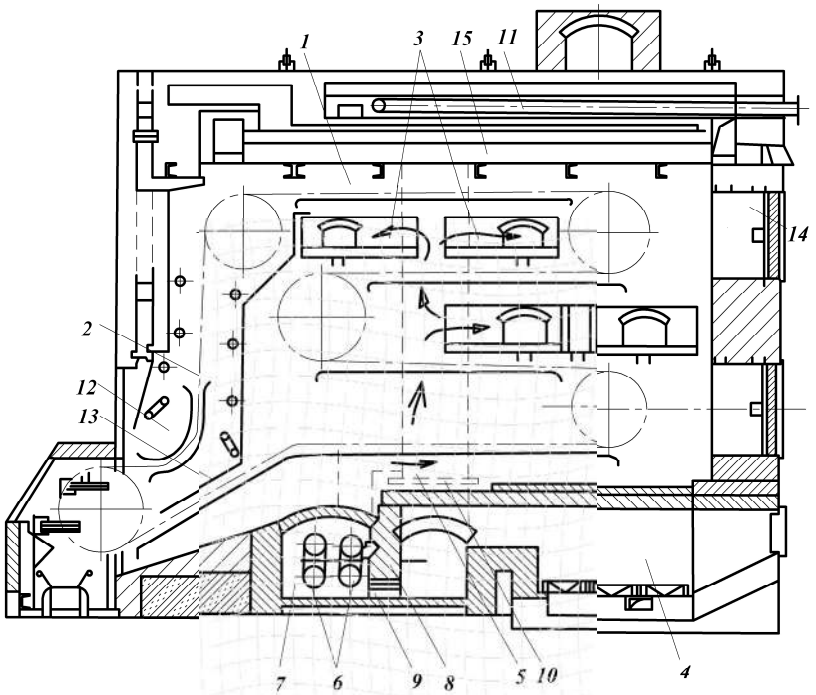


Рисунок 7.32. Схема печі Г4-ХПЛ-25:
1– пекарна камера; 2 – ланцюговий конвеєр з колисками; 3- радіаторна коробка; 4 – топка; 5 – обвідний канал; 6 – парогенератори; 7 – нижній канал; 8 – перегородка; 9 – перепускний канал; 10 – шибер; 11 – теплоутилізатор; 12 – зона зволоження печі; 13 – екран; 14 – люк; 15 – верхній канал для обігрівання.

Сутність рециркуляції димових газів полягає в тому, що димові гази після обігрівання пекарної камери з температурою 250–300 °С повертаються в камеру змішування, куди надходять гази з високою температурою із камери згоряння.

У результаті змішування обох потоків отримуємо суміш із більш низькою температурою, тому можливе застосування малоінерційних каналів з малим термічним опором, виготовлених зі сталевих листів або тонкостінних сталевих труб.

Перевагою печей з рециркуляцією продуктів згоряння є низька теплова інерція, що дозволяє ефективно використовувати системи автоматичного регулювання теплового режиму печі, здійснювати перехід на дво- і однозмінну роботу підприємств.

Тривалість розігрівання таких печей у багато разів менше, ніж печей із цегельним обмуровуванням.

Конструкція печей з тунельною пекарною камерою дозволяє встановлення їх у потокових лініях, використання простих і легких матеріалів на будь-якому поверсі приміщення.

Одним з важливих переваг таких печей є можливість регулювання теплового режиму незалежно в кожній зоні обігрівання по ходу процесу випікання з урахуванням особливостей асортименту виробів.

Розглянемо конструктивні особливості цих печей на прикладі базової печі «Термоелектро» із площею поду 25м^2.

Піч «Термоелектро» – каркасна з тунельною пекарною камерою, циклотермічною системою обігрівання, стрічковим сітчастим конвеєром (рисунок 7.33). Для підвищення якості виробів у печі передбачено підігрівання відпрацьованими газами холостої гілки конвеєра.

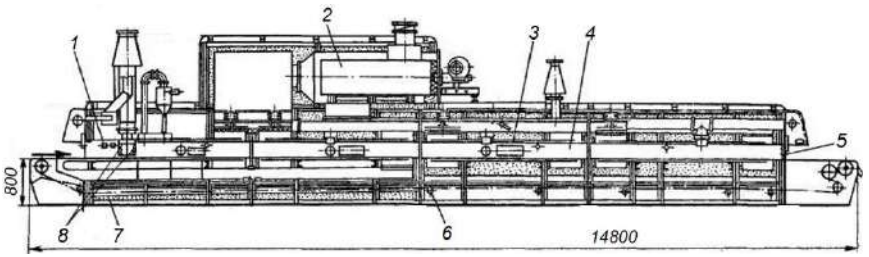


Рисунок 7.33. Піч "Термоелектро":
1 – зволожувальний пристрій, 2 – камера згорання, 3 – металеві канали, 4 – пекарна камера; 5 – еластичний фартух, 6 – рамки для підтримання поду; 7 – ізоляція.

Парозволожувальний пристрій 1 для гігротермічного оброблення тістових заготовок складається із системи труб, оснащених відцентровим водовідділювачем. Для герметизації пекарної камери і зони парозволоження використовуються еластичні термостійкі тефлонові фартухи 5 і 8. Зона зволоження не має зверху обігрівального каналу, що зменшує втрати теплоти на перегрівання пари, що подається на зволоження виробів, і поліпшує умови сорбції та конденсації пари на поверхні тістових заготовок, зменшує втрати від упікання, поліпшує якість готових виробів.

Топковий пристрій розташований над пекарною камерою уздовж конвеєра, складається із циліндричної камери згорання 2 і циліндричної камери змішування гострих і відпрацьованих рециркуляційних газів, стінки яких виготовлені з жаростійкої сталі.

Топка печі пристосована для спалювання газу або рідкого палива.

Окремі секції пекарної камери – зварені короби з листової сталі та з'єднуються болтами.

Пекарна камера має чотири незалежних зони обігрівання, що працюють у системі паралельно. Кожна зона обігрівається зверху і знизу конвеєра системою металевих каналів з перерізом 2200х40 мм.

Димові нагрівальні гази надходять з топки у камеру змішування 4 (рисунок 7.34), потім до розподільної камери великого об’єму для вирівнювання швидкостей і до розподільних каналів 6 (для обігрівання I і II зон) і 9 (для обігрівання III і IV зон), оснащених шибером 8 для регулювання величини потоків.

Важливою особливістю конструкції системи розподілу є те, що обігрівальні канали на початку і наприкінці кожної зони мають короби значно більшого перерізу ніж канали. Це гарантує постійний перепад тиску за шириною каналу, що сприяє автоматичному вирівнюванню швидкості димових газів і теплового навантаження за шириною.

Відсутність шиберів для розподілу обігрівальних газів за шириною каналу значно спрощує конструкцію системи газорозподілу і полегшує управління роботою печі. Така конструкція каналів пізніше була використана в інших марках хлібопекарських канальних печей.

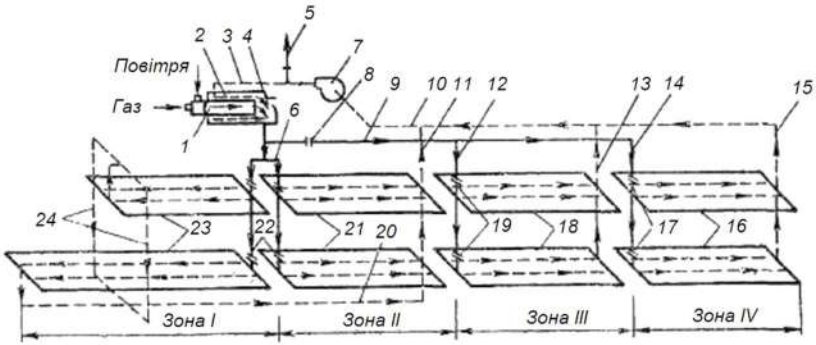


Рисунок 7.34. Схема обігріву печі "Термоелектро":
1 – камера згорання; 2 – кільцевий зазор топки; 3 – патрубок;
4 – камера змішування; 5 – димохід; 6, 9 – розподільні канали;
7 – вентилятор рециркуляції; 8, 17, 19 – шибери; 10 – збірний газохід;
11, 13, 15, 20, 24 – перепускні газоходи для відбирання газів;
12, 14, 22 – перепускні газоходи для подавання газів;
16, 18, 21, 23 – верхні та нижні канали зони обігрівання.

З розподільних каналів 6 і 9 обігрівальні гази надходять паралельними потоками до перепускних розподільних газоходів 12, 14, 22, з яких направляються у верхні та нижні канали всіх зон обігрівання. Регулювання потоків, що надходять у кожний обігрівальний канал, відбувається за допомогою шиберів 17 і 19. Після обігрівання каналів димові гази надходять у перепускні газоходи для відбору газів 24, 20, 11, 13 і 15, а потім до збірного газоходу 10 і вентилятору рециркуляції 7. Частина продуктів згоряння викидається в димохід 5, інша направляється вентилятором рециркуляції у кільцевий зазор топки 3 на рециркуляцію.

Піч ППП із циклотермічним обігріванням призначена для випікання хліба з різних сортів борошна, хлібобулочних і кондитерських виробів.

У печах в якості палива використовують природний газ і рідке паливо. Загальна конструкція печі складається з елементів системи обігрівання, які утворюють пекарну камеру у вигляді тунелю, через який проходить верхня гілка транспортерної стрічки.

Піч ППП (рисунок 7.35) складається з вентилятора рециркуляції, приводу; вентилятора відведення пароповітряної суміші, пристрою

для гігротермічного оброблення тістових заготовок, камери згоряння, камера змішування, обігрівальних каналів, теплоізоляції, пульта управління.

Печі ППП випускаються в широкому діапазоні технічних показників: ширина стрічки – 1,0; 2,1; 3 і 4 м, площа поду – від 8 до 108 м^2, максимальна продуктивність із 1 м^2 площі поду – 18 кг/(м^2·год) (для хліба масою 1,5 кг); тривалість розігрівання печі від 20 °С до робочої температури пекарної камери – від 1,5 до 3,0 год. Швидкість руху конвеєра, тобто тривалість випікання виробів плавно регулюється від 10 до 100 хвилин за допомогою частотного перетворювача.

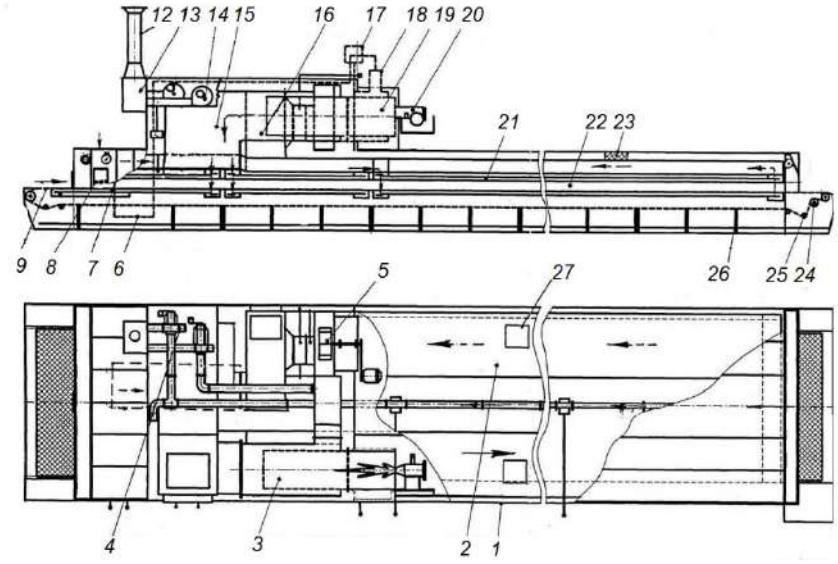


Рисунок 7.35. Піч ППП:

1 – зовнішній кожух печі, 2 – збірний канал відпрацьованих газів; 3 – топковий циліндр, 4 – витяжний вентилятор пари; 5 – вентилятор рециркуляції димових газів; 6 – паропровід; 7, 21 – обігрівальні канали; 8 – парозволожувальний пристрій; 9 – сітчастий конвеєр; 10 – натяжна станція; 11 – канал попереднього нагрівання конвеєра; 12 – витяжна труба; 13 – конденсаційна ємкість; 14 – допоміжний витяжний вентилятор димових газів; 15 – розподільна камера; 16 – камера змішування; 17 – колектор; 18 – безнапірний парогенератор; 19 – камера згоряння; 20 – пальник; 22 – пекарна камера; 23 – теплоізоляція; 24 – привідний блок; 25 – натяжний валок; 26 – каркас; 27 – запобіжний клапан.

Регулювання температури продуктів згоряння забезпечує автоматичне налаштування пальника залежно від установленої необхідної температури димових газів на виході з каналів.

Обігрівальна циклотермічна система утворює закрите коло циркуляції продуктів згоряння, відділене від простору пекарної камери і виробничого приміщення.

Циркуляційний вентилятор, разом з вентилятором примусового відведення надлишкових продуктів згоряння, підтримує систему обігрівання під постійним розрідженням.

Перша теплова зона на вході в піч оснащена вбудованим пристроєм для гігротермічного оброблення тістових заготовок водяною парою. Пристрій забезпечує рівномірний і оптимальний розподіл пари по всій ширині стрічкового конвеєра. Працює система парових труб з форсунками, у яку пара низького тиску підводиться арматурою, оснащеною конденсатовідбірником, контрольними термометром і манометром.

Пекарна камера по всій довжині розділена на температурні зони. Їхня довжина вимірюється від входу до виходу продуктів згоряння в канали. Частіше довжина зони збігається з довжиною секції (3м). Але в деяких моделях є температурні зони, які охоплюють дві секції (6 м), особливо в другій частині пекарної камери, коли необхідно організувати "спадний" температурний режим. Іноді піч закінчується 1–2 секціями без каналів. Кожна зона оснащена самостійними шиберами для регулювання верхнього і нижнього обігрівання. Таким чином, можна встановити будь-яку температурну криву випікання і бажаний режим випікання, як для житнього, так і пшеничного хліба.

7.2.5. Обсмажувальні та обпалювальні апарати

Обпалювання – поверхневе теплове оброблення сировини з метою її підготовки до подальшого оброблення. Для обпалювання застосовують обпалювальні печі періодичної та безперервної дії. Для ручного обпалювання свинячих туш використовують факельні пальники.

Обсмажування – процес теплового оброблення продуктів за температури 120–160 °С з використанням проміжного теплоносія (рослинного або тваринного жиру), який контактує з сировиною.

Під час обсмажування видаляється, головним чином, вільна волога, яка виділилася з клітин в результаті плазмолізу під дією високої температури.

Запікання – об'ємне теплове оброблення м'ясної сировини з метою надання готовому виробу кращого смаку, аромату, і більш ніжної консистенції.

Жаровня (рисунок 7.36).

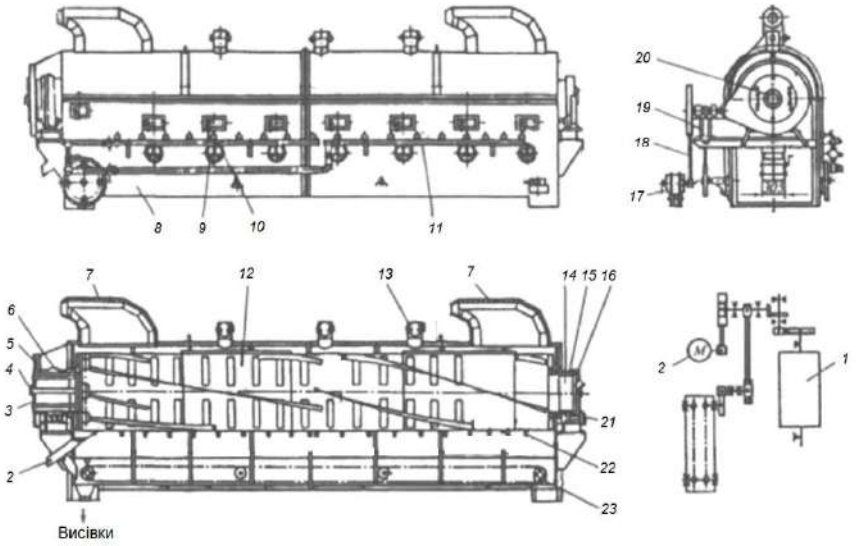


Рисунок 7.36. Жаровня ПГ-150М:
1 – 2, 7 – жолоби; 3, 14 – патрубки; 4 – кришка; 5 – зубчате колесо;
6 – бандаж с ребордою; 8 – корпус; 9 – оглядові двері;
10 – повітряні люки; 11 – газопровід; 12 – барабан;
13 – поворотний клапан; 14 – патрубок; 15 – бандаж;
16 – кришка з завантажувальним отвором; 17 – електродвигун;
18, 19– клинопасова передача; 20 – оглядове вікно; 21 – опорні ролики;
22 – газові пальники; 23 – скребковий транспортер.

Призначена для обсмажування кукурудзяних пластівців, які виходять з двовальцевої плющильної машини для зерна, і складається з корпусу 8, скребкового транспортера 23, барабана 12, опорних роликів 21, газових пальників 22, газопроводу 11, приводу

та електрообладнання. Зварний корпус 8 складається з бічних і торцевих стінок, плоского днища і кришки. Стінки корпусу заповнені ізоляційним шаром з листового азбесту. На корпусі змонтовані патрубки з поворотними клапанами 13, оглядові двері 9, газоходи 7, повітряні люки 10, жолоби 7 і 2.

Барабан 12 – зварний циліндр, який складається з обичайки і торцевих стінок, до яких кріпляться патрубки 3 і 14. На патрубку 3 встановлено зубчасте колесо 5, бандаж, що знімається, з ребордою 6, кришка 4 з оглядовим вікном 20, а на патрубку 14 – бандаж, що знімається 15 і кришка 16 з завантажувальним отвором. У середині обичайки барабана приварені гвинтові лопаті для переміщення продукту в процесі обсмажування.

Обичайка барабана має ділянки у вигляді циліндричних сит з отворами діаметром 3 мм і суцільні ділянки. На обичайці передбачені отвори для вивантаження продукту. Барабан своїми бандажами опирається на опорні ролики 21, змонтовані на торцевих стінках корпусу печі. У нижній частині корпусу, під барабаном, проходити скребковий транспортер 23, призначений для видалення дрібних частин продукту – висівок.

Під суцільними ділянками обичайки барабана розміщені пальники 22, газ в які надходить по газопроводу 11. Привід барабана складається з електродвигуна 17, клинопасової 18 і зубчастої передач. Привід скребкового транспортера здійснюється за допомогою клинопасової передачі 19.

Кукурудзяні пластівці через завантажувальний отвір надходять в горизонтальний циліндричний барабан. Суцільні циліндричні ділянки обертового барабана прогріваються полум'ям пальників. Гвинтовими лопатями обичайки продукт у процесі обсмажування переміщується до вивантажувальних жолобів.

У результаті теплового впливу відбувається виділення вологи, згортання білків і підсмажування пластівців, вологість яких за таких умов знижується з 14–16 до 1,5–5%. У результаті процесу карамелізації цукру на поверхні пластівців вони стають вологонепроникними, що дозволяє зберігати їх тривалий час. Дрібні частини пластівців (висівки) через циліндричне сито барабана падають на дно печі та скребковим транспортером переміщається до жолобу.

Обсмажені пластівці проходять через отвори в кінці циліндра і жолобом виводяться з барабана. Гаряче повітря, насичене водяними парами, видаляється через патрубки з поворотними клапанами.

Обсмажувальний апарат «Пробат» (рисунок 7.37) призначений для обсмажування кави і встановлюється в лініях виробництва натуральної та розчинної кави. Всередині корпусу апарату розміщені обсмажувальний обертальний барабан 1, охолоджувальна чаша 4 діаметром 2,5 м, каменевідбірник 3 та бункер 2 для обсмаженої кави.

У корпусі передбачені люки для спостереження за роботою пальників і провітрювання топкового пристрою після закінчення роботи. У верхній частині корпусу знаходиться вентилятор для відведення газів з барабану. На корпусі встановлений бак для води з регулювальним пристроєм. У топковому просторі розташований газовий пальник, який має три зони згоряння газу залежно від його кількості. Усередині барабана закріплені лопаті, розташовані по гвинтовій лінії, які служать мішалкою, а по осі барабана проходить пустотіла труба для подавання води в барабан.

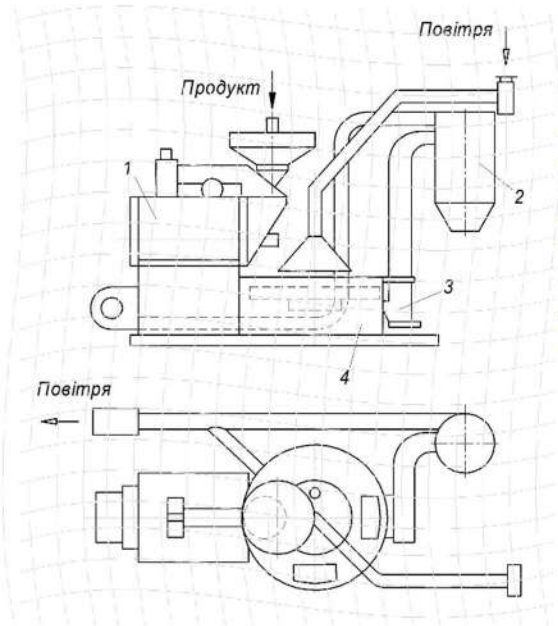


Рисунок 7.37. обсмажувальний апарат «Пробат»:
1 – обсмажувальний барабан;
2 – бункер для обсмаженої кави;
4 – охолоджувальна чаша;
3 – каменевідбірник.

З однієї сторони (з торця) барабан обладнаний глухою стінкою з вікном, в якій змонтований кран для відбирання проби обсмаженої кави і розташований термометр для контролю температури димових газів. З іншого боку стінка барабана сітчаста.

Обсмажена кава автоматично вивантажується з барабана в охолоджувальну чашу через щілину, яка утворюється між барабаном і торцевою кришкою. Дно чаші виготовлено з перфорованої сталі. Всередині чаші розміщені мішалки. Кава охолоджується повітрям, що подається вентилятором через шар зерна зверху і відбирається внизу чаші, що не створює умов для утворення псевдозрідженого шару.

Каменевідбірник встановлений в пневмотрубопроводі, в якому є висувна сітка, а збоку виконані щілини, розмір яких регулюється вручну заслінкою. За закритих щілин каміння не відокремлюється. Відрегульований розмір щілин зменшує потік повітря через сітчасте дно, завдяки чому захоплюються тільки зерна кави, а каміння залишаються на сітці. Сітчасте дно періодично виймають для очищення від каменів.

Очищені зерна кави або суміш різних сортів (240 кг) надходять в попередньо розігрітий до 215–220 °С обсмажувальний барабан, причому температура в ньому спочатку різко знижується, а потім поступово підвищується до заданої (160–180°С). Обсмажування триває 20–23 хв. Під час обсмажування кава інтенсивно перемішується, в кінці процесу в барабан подають воду протягом 50 с для зволоження зерен, після чого кава перемішується в середовищі димових газів і водяної пари, вихід яких з барабана на цей час закривається, що знижує втрати ароматичних речовин.

Жаровня з електропідігріванням олії (рисунок 7.38) призначена для обсмажування рибних паличок. Під подвійним днищем 2 ванни 1 розташовані дві секції з електроспіраллю 3, кожна потужністю по 50 кВт. Олія, що подається циркуляційним насосом 4 в порожнину подвійного днища, нагрівається від включених секцій електроспіралей до 180–200 °С і подається через щілинний колектор в піч. Олія, проходячи через вузьку щілину (1–1,5 мм), дроселюється і надходить у ванну зі швидкістю 12–15 м/с (швидкість олії у ванні близько 0,2 м/с). З іншого боку ванни олія стікає через патрубок 5 в барабанний фільтр 6 для грубого очищення, а звідти насосом 4 знову нагнітається для нагрівання в порожнину подвійного днища ванни,

одночасно частина олії тонко фільтрується через папір. Під час обсмажування в печі знаходиться одночасно близько 1100 кг олії та додається близько 65 кг/год свіжої. Коефіцієнт зміни олії за двозмінної роботи дорівнює 1. Продукт переміщається у ванні за допомогою двох транспортерів, розташованих один над іншим. Рибні палички, укладені на сітчасту металеву стрічку транспортера 8, під час руху щільно притискаються до стрічки транспортера 7 і в такому стані разом з стрічками занурюються в гарячу олію.

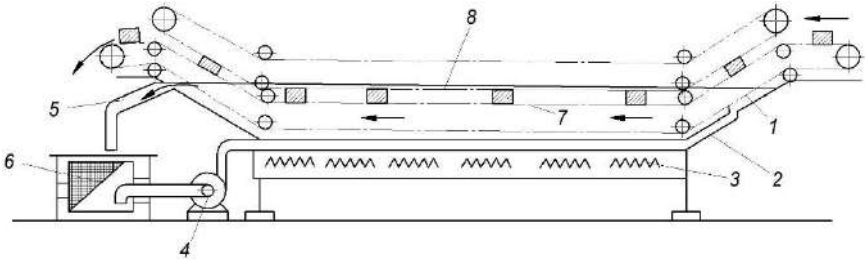


Рисунок 7.38. Жаровня з електропідігріванням олії:
1 – ванна; 2 – подвійне днище; 3 – електроспіралі; 4 – насос; 5 – патрубок; 6 – барабанний фільтр грубого очищення; 7 – стрічка транспортера; 8 – сітчаста металева притискна стрічка транспортера.

Тривалість обсмажування в печі 1–3,5 хв. За швидкості руху стрічки 0,07 м/с продуктивність печі складає 400 кг/год. Обсмажені рибні палички безперервно подаються в повітряний охолоджувач.

Запікання м'ясопродуктів здійснюється гарячим повітрям або продуктами згоряння газу за температур 80–280 °С в ротаційних або шахтних печах, в яких втрати соку або жиру нижчі, ніж під час варіння у воді, а вихід готових продуктів вищий. Цей процес застосовують під час виробництва кулінарних виробів, ковбас, м'ясних хлібців, солоних м'ясних продуктів та ін.

Піч ротаційна (рисунок 7.39) призначена для запікання м'ясних хлібців, буженини, карбонаду та інших виробів без оболонки, стерилізації умовно придатного м'яса.

Вона виконана у вигляді термоізольованої циліндричної камери 9, закріпленої на опорі 12. Стінки камери тришарові: два зовнішніх шари – облицювання з нержавіючої сталі, а внутрішній – теплоізоляція. У камері є отвір для завантаження і вивантаження

продукції з дверцятами 1, що піднімаються з противагами 15 і отвір з відбивальною поверхнею 13 для подавання продуктів згоряння, одержаних в пальниках 11. Продукт завантажують на колиски 10 ротора, диски 14 якого встановлені на валу 5 і з'єднані між собою стержнями 6, що несуть колиски. Електродвигун 3 і редуктор 2, змонтовані на стійці 4, прикріплені до каркасу печі. Гази залишають робочу зону через трубу 7 із засувкою 8. Піч відносять до установок періодичної дії. Процеси підсушування, обсмажування і варіння м'ясопродуктів здійснюються послідовно один за другим, продукт у формах або лотках, встановлених на колисках ротора, безперервно переміщається в камері в потоках пароповітряної суміші.

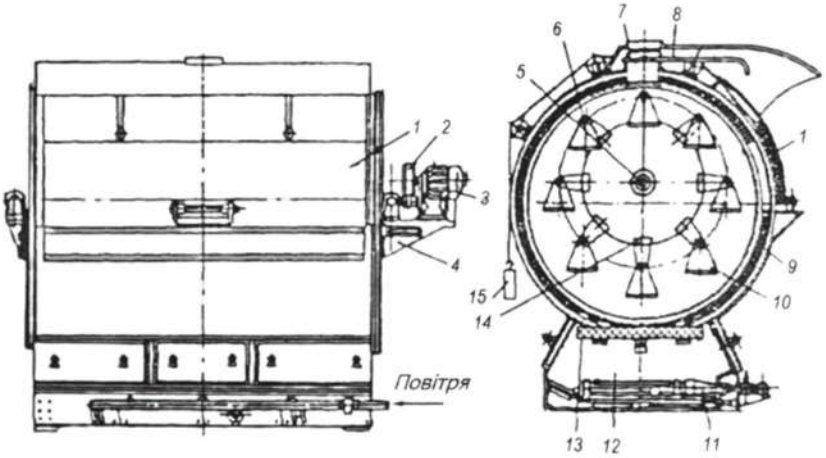


Рисунок 7.39. Піч ротаційна:
1 – дверцята, що піднімаються; 2 – редуктор; 3 – електродвигун; 4 – стійка; 5 – вал; 6 – стержні; 7 – труба; 8 – засувка; 9 – термоізольована циліндрична камера; 10 – ротор з колисками; 11 – пальники; 12 – опора; 13 – відбивальна поверхня; 14 – диски; 15 – противаги.

З камери повітря по пиловідвідних повітроводах надходить в колектор, звідки вентилятором засмоктується і спрямовується на нагрівальні елементи, а потім по проміжному повітропроводу в центральний розподільний повітропровід і далі до продукту. Для зволоження середовища використовують гостру пару.

7.3. Обладнання для проведення тепломасообмінних процесів

7.3.1. Обладнання для сушіння

У харчовій промисловості висушують зерно, сухарні та макаронні вироби, дріжджі, солод, крохмаль, цукор, какао, вітаміни і ферменти, овочі та фрукти, молоко, яйця, м'ясо, рибу, чай і каву, сіль, жом і багато інших продуктів.

Харчові продукти висушуються з різною метою: для зменшення маси, збільшення міцності, підвищення стійкості під час зберігання та консервування, отримання необхідних смакових характеристик та ін.

Сушіння – це процес видалення з матеріалу рідини, в результаті чого в ньому збільшується відносний вміст сухої частини. На практиці під час сушіння харчових продуктів видаляють воду, тому під сушінням розуміють процес зневоднення матеріалу.

У процесі сушіння відбувається безперервне видалення вологи з матеріалу за рахунок різниці парціальних тисків пари над матеріалом і в навколишньому середовищі. Коли парціальні тиски вирівнюються процес сушіння припиняється, і встановлюється постійна (рівноважна) вологість.

Про кількість вологи, яка знаходиться у продукті, судять за його вологістю або вологовмістом.

Вологість матеріалу W (%) – це процентне відношення маси вологи $G_в$ в матеріалі до маси всього матеріалу G:

$$W = \frac{G_в}{G} \cdot 100\% .$$

Вологовміст матеріалу d – це відношення маси вологи $G_в$ в матеріалі до маси абсолютно сухої речовини в ньому:

$$d = \frac{G_в}{G - G_в}$$

Як сушильний агент частіше використовується повітря, яке характеризується такими параметрами.

Абсолютна вологість повітря ρ(г/м³) – це маса водяної пари в 1 м³ вологого повітря.

Відносна вологість повітря φ (%) – це відношення абсолютної вологості ρ до максимально можливої ρ_{max} вологості за даної температури і тиску:

$$\phi = \frac{\rho}{\rho_{\max}} \cdot 100\%$$

Вологовміст – це відношення маси водяної пари в повітрі до маси сухого повітря в тому ж об'ємі.

Якщо маса пари дається в кілограмах, то вологовміст позначається через *x, кг вологи /кг сухого повітря*, якщо маса пари в грамах, то вологовміст позначається через *d*, *г вологи/кг сухого повітря*:

$$d = 1000x$$

Методи сушіння

Конвективне сушіння. Під час конвективного сушіння матеріал контактує з потоком нагрітого газу (повітря, перегрітої пари, димових газів, інертних газів), газ поглинає і виносить із апарату водяну пару. Таким чином сушать тверді матеріали, пасти та рідини.

Кондуктивне (контактне) сушіння. За такого методу сушіння теплота передається матеріалу від нагрітої поверхні (під, валки, плити та ін.).

Кондуктивний метод використовується під час сушіння тонких листових і волокнистих матеріалів, пастоподібних матеріалів (пюре, пасти), рідин (молоко, дріжджовий розчин, фармацевтичні препарати).

Сушіння в полі інфрачервоного випромінювання. Перенесення енергії від джерела до продукту відбувається шляхом електромагнітних коливань через середовище, прозоре для випромінювання. В якості випромінювачів використовуються металеві та керамічні тіла з температурою більше 1000 °С.

Сушіння в електричному полі високої частоти. За цього методу енергія електричного поля високої частоти перетворюється в теплоту у всьому об'ємі вологого матеріалу. Таким способом висушуються різні матеріали з діелектричними властивостями.

Сушіння сублімацією полягає в здатності льоду за низького тиску випаровуватися, оминаючи рідку фазу. Часто використовується під час сушіння овочів і фруктів, розчинної кави. Матеріали, висушені методом сублімації, зберігають об'єм, колір, запах і смак. Після змочування висушені матеріали приймають звичайний вигляд.

Класифікація сушильних апаратів

У харчовій промисловості найбільше використовуються конвективні сушильні апарати. Їх можна класифікувати за такими ознаками:

- за режимом роботи: періодичної та безперервної дії;
- за способом підведення теплоти: конвективні, кондуктивні, радіаційні, струмами високої частоти;
- за величиною тиску в сушильній камері: атмосферні, вакуумні;
- за видом сушильного агенту: нагріте повітря, інертні чи димові гази, перегріта пара, рідке середовище;
- за способом циркуляції сушильного агенту: з природною або примусовою циркуляцією;
- за напрямом руху матеріалу та сушильного агенту – прямотечійні, протитечійні та з перехресним плином;
- станом шару матеріалу (для зернистих матеріалів) – щільний, розпушений, киплячий, зважений.
- за конструкцією сушильної камери – камерні, шафові, тунельні, стрічкові, шахтні, барабанні, валкові, спеціальні (розпилювальні, сублімаційні, з віброкиплячим шаром, інфрачервоні, струмами високої частоти) та інші.

Камерні сушильні апарати. Використовуються за невеликої продуктивності. Продукт розміщується тонким шаром на листах або на вагонетках, що розміщені в закритих камерах. У камері вентилятором здійснюється циркуляція сушильного агенту.

На зміну камерним прийшли шафові сушарки, що характеризуються малою ємністю. Вироби, призначені для сушіння, завантажуються в пересувні вагонетки, які потім подаються в апарат для сушіння. Зустрічаються два типи шафових сушильних апаратів: без підігрівання повітря і з підігріванням (калориферні).

Шафові сушильні апарати, як і камерні – малоефективне немеханізоване обладнання періодичної дії.

Сушильний апарат шафового типу (рисунок 7.40) призначений для сушіння макаронних виробів без використання калорифера. Сушильний апарат складається з шафи і пересувної вагонетки. Шафа обладнана вентиляційним пристроєм, що складається з одного осьового вентилятора.

Повітря для сушіння забирається з приміщення сушильного цеху, вентилятором направляється до продукту, укладеному на

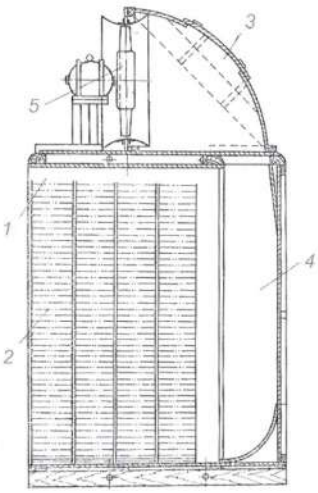


Рисунок 7.40. Шафова сушарка ВВП:
1 – сушильна камера;
2 – касети;
3 – кожух вентилятора;
4 – обвідний розподільний канал;
5 – осьовий вентилятор.

касети і відбирає від нього вологу та викидається в сушильний цех, де підтримується відповідний мікроклімат. Для забезпечення рівномірного висушування макаронів вентилятор працює рівномірно з інтервалом 30-60 хв.

Тунельні сушильні апарати застосовують для сушіння сухарів, овочів, фруктів, макаронів, мармеладу, пастили тощо.

Тунельна сушильний апарат (рисунок 7.41) є камерою 1 з рейковими шляхами 2, на яких переміщаються вагонетки 3 з продуктом. Над камерою встановлені вентилятори 4 з калориферами 7 для підігрівання повітря.

Вагонетки з вологим матеріалом подаються в сушильну камеру і періодично переміщуються на один крок з одночасним завантаженням і розвантаженням двох вагонеток.

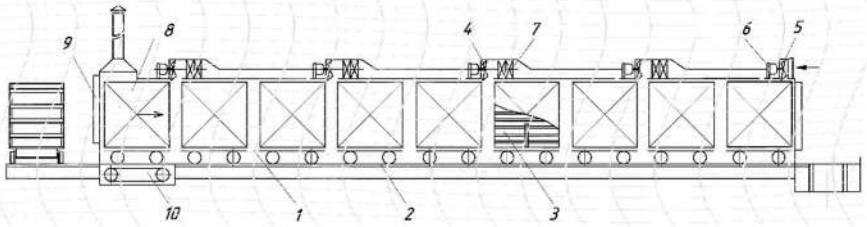


Рисунок 7.41. Тунельний сушильний апарат:
1 – сушильна камера; 2 – рейковий шлях; 3 – вагонетка з полицями;
4 – вентилятор подавання нагрітого повітря; 5 – вентилятор-охолоджувач;
6 – електродвигун; 7 – калорифер; 8 – витяжка; 9 – люк;
10 – подавальний механізм.

Тунельний сушильний апарат має чотири зони сушіння, в яких підтримуються певні параметри середовища. Сушіння матеріалу по зонах здійснюється нагрітим в калориферах 7 повітрям, який вентилятором 4 подається в кожну зону апарата.

У кінці тунелю в п'ятій секції матеріал охолоджується атмосферним повітрям за допомогою вентилятора.

Конвеєрний стрічковий сушильний апарат безперервної дії з паровим обігріванням широко використовується для сушіння овочів, фруктів, хліба, крохмалю, короткорізаних макаронних виробів.

Конвеєрний стрічковий сушильний апарат для макаронних виробів (рисунок 7.42) - це система стрічкових транспортерів.

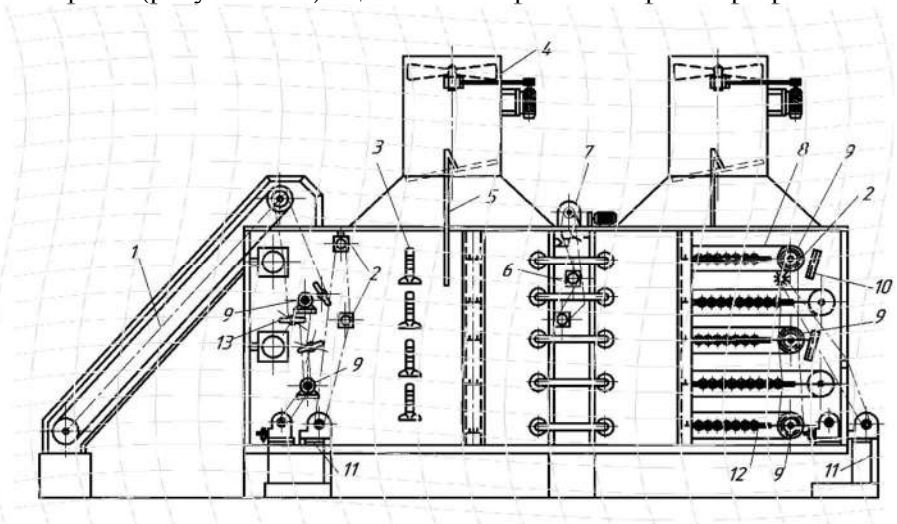


Рисунок 7.42. Стрічковий сушильний апарат для макаронних виробів:
1 – транспортер подавання продукту; 2 – щітки; 3 – термометри;
4 – вентиляційна система; 5 – поворотні шибери; 6 – зворушувачі;
7 – привід зворушувача; 8 – стрічкові транспортери; 9 – рушійні барабани;
10 – поворотні напрямні пластини; 11 – привідні станції транспортерів;
12 – калорифери; 13 – натяжні ролики.

Сітчаста дротяна стрічка з нержавіючої сталі натягнута на п'ять пар барабанів 9. Кожна пара барабанів щодо наступної зміщена по довжині, що дозволяє пересипатися продукту з стрічки на стрічку. Один з барабанів в кожній парі є рушійним, інший барабан служить для натягування стрічки.

Рушійні барабани 9 приводяться в рух від привідних станцій 11 за допомогою ланцюгових передач. Натягування ланцюгів здійснюється за допомогою натяжних роликів 13.

Щітками 2 шар виробів рівномірно розподіляється по ширині стрічки.

Швидкість руху кожної наступної стрічки знижується: від 0,22 м/хв до 0,125 м/хв.

На верхньому перекритті сушарки встановлено окремий привід 7 зворушувача. Зворушувачі 6 розташовані над трьома верхніми стрічками.

Для очищення поверхні барабанів від продукту, що налипає, на натяжних барабанах встановлені скребки. У місцях пересипання продукту з верхньої стрічки на нижню встановлені поворотні напрямні пластини 10.

Повітря нагрівається паровими ребристими калориферами 12, розташованими між робочою і холостою гілками сітчастих стрічок усіх п'яти ярусів.

Для видалення вологого повітря камера обладнана вентиляційною системою із двох витяжних камер над верхньою стрічкою сушарки. В кожній витяжній камері встановлено осьовий вентилятор. Всередині витяжних камер, перед осьовими вентиляторами, встановлені поворотні шибери 5, за допомогою яких можна змінювати кількість відпрацьованого повітря.

Шахтні апарати для сушіння використовуються в харчовій промисловості для сушіння сипких матеріалів: зерна, цукру-піску, короткорізаних макаронів, овочевої стружки, жому.

Вертикальний паровий сушильний апарат (рисунок 7.43) призначений для сушіння і підсмажування крупи.

Вертикальний паровий сушильний апарат – це збірна конструкція безперервної дії з паротрубною системою обігрівання шахтного типу з прямокутним поперечним перерізом. Вона складається з теплових секцій 2, основи 3 з вивантажувальним пристроєм і шнеком для відведення продукту, завантажувального короба 1, огородження. У комплект можуть входити від 8 до 14 теплових секцій.

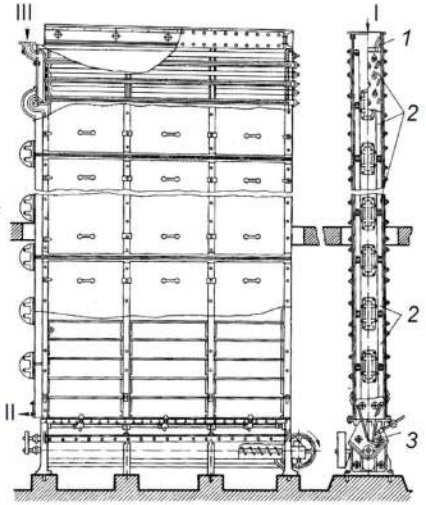


Рисунок 7.43. Вертикальний паровий сушильний апарат:
I – зерно;
II – вихід пари;
III – вхід пари;
1 – завантажувальний короб;
2 – теплові секції;
3 – основа з вивантажувальним пристроєм і шнеком.

У теплових секціях встановлені попарно одна в другій у шаховому порядку по дев'ять труб діаметром 2" та 1". Труби діаметром 1" одним кінцем з'єднані з каналом подавання свіжої пари, інші їхні кінці відкриті. Труби діаметром 2" одним кінцем з'єднані з каналом відведення пари, інші їхні кінці заглушені.

Пара надходить по трубі діаметром 1" через відкритий кінець в трубу діаметром 2" після чого рухається в кільцевому зазорі між трубами, віддає теплоту і виходить в канал для відведення пари.

Для запобігання підгоряння зерна до кожної труби зверху приварений відбивальний козирок з листової сталі, зігнутий у вигляді кутника вершиною назустріч потоку зерна.

Зерно через завантажувальний короб надходить в теплові секції та під дією власної ваги повільно рухається вниз, омиваючи гарячі труби і нагріваючись. У процесі руху по теплових секціях шар продукту пронизується в поперечному напрямку повітряним потоком, який відводить вологу, що виділяється. Висушений продукт за допомогою випускного пристрою і шнека виводиться із апарату.

У **барабанних сушильних апаратах** продукт висушується у розпушеному шарі, рухаючись вздовж барабана 1 (рисунок 7.44).

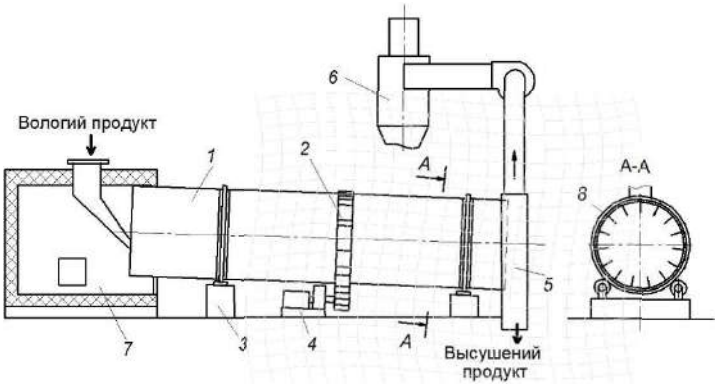


Рисунок 7.44. Барабанний сушильний апарат:
1 – барабан; 2 – зубчата передача; 3 – роликова опора; 4 – привід;
5 – приймальник висушеного продукту; 6 – циклон; 7 – топка.

Барабан обертається на роликових опорах 3. Рух барабану передається від приводу 4 через зубчасту передачу 2. Сушильним агентом є нагріте повітря або топкові гази, які надходять з топки 7. Висушений продукт надходить у приймальник 5, а відпрацьований сушильний агент подається насосом в циклон 6, де осідають дрібні частинки продукту.

Для забезпечення надійного контакту продукту з сушильним агентом всередині барабану встановлюють насадки 8. Діаметр барабана може досягати 3 м, а частота обертання – до 8 об/хв.

Сушильні апарати з віброкиплячим шаром. В апараті (рисунок 7.45) встановлена похила решітка 2, через яку проходить нагріте повітря.

Решітка отримує коливальні рухи від вібратора 4. Продукт через патрубок 5 завантажується в сушильну камеру 3, потрапляє на решітку, і під дією потоку повітря, яке подається під решітку каналом 7, приводиться в псевдорозріджений стан. Під дією вібрації псевдозріджений продукт рухається уздовж решітки і висушується.

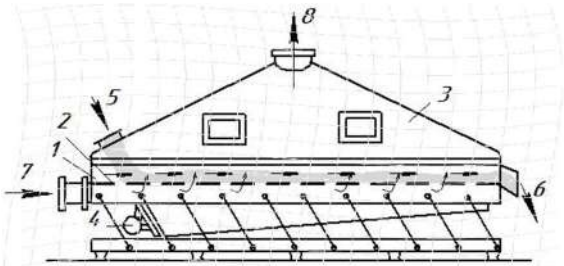


Рисунок 7.45. Сушильний апарат з віброкиплячим шаром продукту:
1 – корпус; 2 – решітка; 3 – кришка; 4 – вібратор; 5 – вхід вологого матеріалу; 6 – вихід висушеного матеріалу; 7 – вхід нагрітого повітря; 8 – вихід відпрацьованого повітря.

Для висушування зернистих матеріалів зі сталим розміром зерен застосовують **аерофонтанні апарати** (рисунок 7.46).

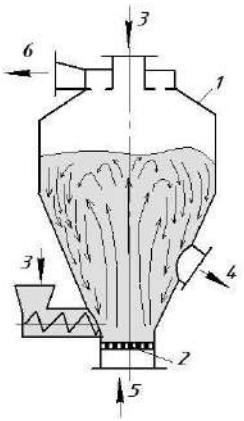


Рисунок 7.46.
Аерофонтанний апарат для висушування:
1 – корпус; 2 – решітка;
3 – вхід вологого матеріалу;
4 – патрубок виходу висушеного матеріалу;
5 – патрубок входу нагрітого повітря;
6 – патрубок виходу відпрацьованого повітря;

Сушильна камера має конічну форму. Швидкість газового потоку в нижньому перерізі камери значно перевищує швидкість зависання, тому потік захоплює зернистий матеріал і викидає його фонтаном у верхні (ширші) частини камери. Тут завдяки падінню швидкості газу більш важкі частинки осідають уздовж стінок. Частинки, які висохли і зменшили масу, виносяться потоком з апарату через патрубок 6 і відокремлюються в циклоні. Для утворення надійного сепараційного простору верхня частина камери виконується циліндричної форми.

Валкові сушильні апарати можуть працювати за атмосферного тиску, і під вакуумом. Сушіння під вакуумом використовується у тих випадках, коли матеріал не допускає впливу високих температур.

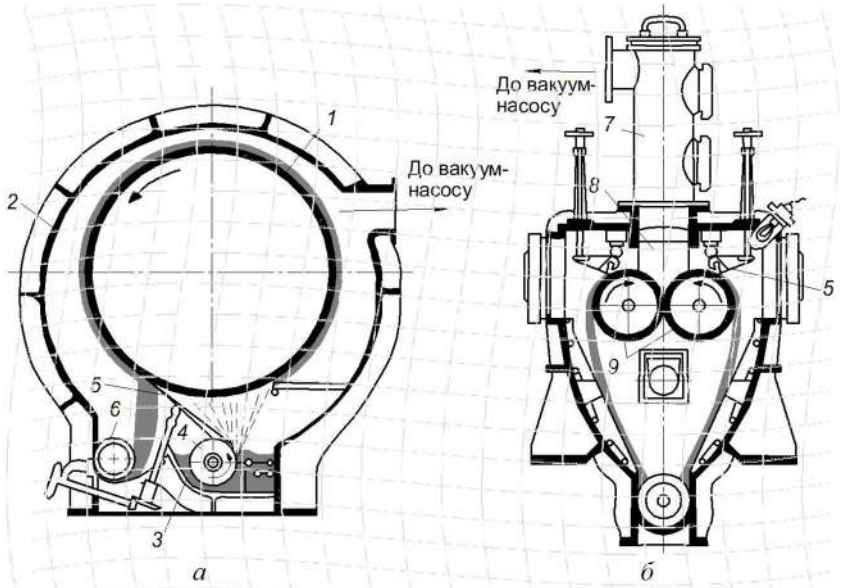


Рисунок 7.47. Валкові сушильні апарати:
а – одновалкова; *б* – двовалкова;
1 – пустотілий барабан; 2 – кожух, 3 – корито, 4 – розподільний валок;
5- ніж; 6 – шнек; 7 – приймальний ковпак; 8 – збірник; 9 – валки;
10 – похила поверхня; 11 – шнек.

Одновалковий сушильний апарат (рисунок 7.47а) - це обертальний у горизонтальній площині пустотілий барабан 1, який обігрівається з середини парою. Барабан розміщений в герметично закритому кожусі 2, що має в нижній частині корито 3 для матеріалу, що висушується. Рідина засмоктується в корито і розпилюється на поверхню барабану за допомогою розподільного валка 4. Тонка плівка матеріалу висихає на поверхні барабана за один його оберт і знімається ножем. Висушений матеріал видаляється за допомогою шнека 6. Валки обігріваються насиченою парою.

Вакуумні сушильні апарати відрізняються від атмосферних тим, що валки розташовані в герметично закритому кожусі, де за допомогою конденсатора і вакуум-насоса створюється розрідження.

У двовалковому вакуум-сушильному апараті (рисунок 7.47 б) вологий матеріал подається на валки 9 через збірник 8. Висушений матеріал знімається з валків ножами 5, сповзає тонким шаром по похилій поверхні 10 і видаляється за допомогою шнека 11. Пари вологи відсмоктуються через верхній приймальний ковпак 7. У кожусі апарату з обох сторін є оглядові вікна. Зазвичай валки обертаються з частотою 1–6 об/хв в протилежних напрямках.

Істотними недоліками валкових сушильних апаратів є велика металоємність (маса апарату з поверхнею валків 20 м^2 перевищує 25 т) та складність догляду за ними через зношування ножів і поверхні самих валків.

Витрата тепла в контактних сушильних апаратах менша, ніж у конвективних, оскільки тепло використовується лише на нагрівання матеріалу, випаровування вологи і втрати в навколишнє середовище, але відсутні втрати тепла з відпрацьованим повітрям або іншими газами.

Вакуум-сушильний апарат з перемішувальним пристроєм. Під час висушування матеріалу в нерухомому стані можливість його перегрівання більш ймовірна, ніж під час перемішування. Тому сушіння матеріалів, чутливих до високої температури, відбувається в апаратах (рисунок 7.48) з перемішуванням продукту.

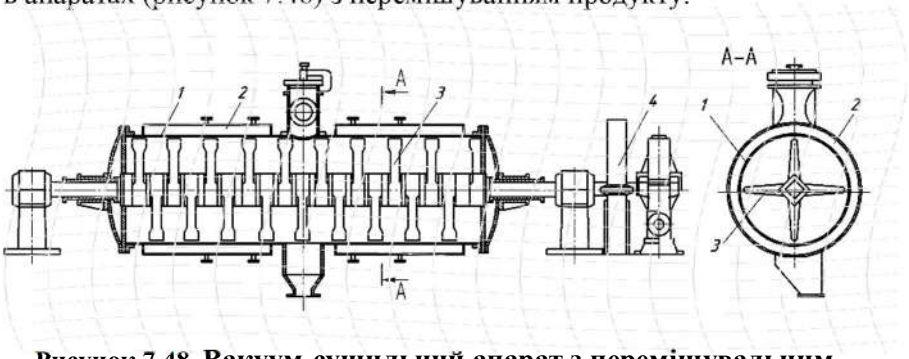


Рисунок 7.48. Вакуум-сушильний апарат з перемішувальним пристроєм:

1 – корпус; 2 – парова сорочка; 3 – горизонтальний перемішувальний пристрій; 4 – привід.

Апарат складається з корпусу 1 з паровою сорочкою 2 і горизонтальним перемішувальним пристроєм 3. Лопаті пристрою насаджені на квадратний вал, одна половина лопаток має правий напрям, інша – лівий. Під час обертання лопаток продукт інтенсивно перемішується. Привід перемішувального пристрою періодично змінює напрямок обертання лопаток, водночас змінюється напрям руху продукту.

Розпилювальний апарат для висушування. Для зневоднення розчинів і розбавлених тонкодисперсних суспензій застосовують розпилювальні апарати, що працюють за принципом розпилювання рідини в середовищі нагрітого повітря (газів). Завдяки великій питомій поверхні дрібних крапель процес випаровування вологи здійснюється дуже швидко (частки секунди). Це дозволяє висушувати термолабільні матеріали за високих температур без шкоди для якості продуктів. Розпилюють вихідні матеріали механічними та пневматичними форсунками або обертовими дисками.

Дія механічних форсунок (рисунок 7.48а) ґрунтується на розпилюванні рідини з отворів малого діаметру (0,8–1,5 мм) під тиском 20 МПа. Струмінь, що витікає з великою швидкістю, розпадається на дрібні краплі (50–150 мкм), але через можливе закупорювання отворів, ці форсунки непридатні для суспензій і високов'язких рідин.

У пневматичних форсунках (рисунок 7.48б) взаємодіють струмені розчину і повітря, що одночасно витікають під тиском 0,4–0,6 МПа. Повітря(пара) надходить в форсунку тангенціально і витікає у формі закрученого потоку. Пневматичні форсунки також схильні до закупорювання під час розпилювання навіть розбавлених суспензій.

Найбільшого застосування в розпилювальних сушарках знайшли обертальні диски (рисунок 7.48), що забезпечують велику швидкість рідини без допомоги насосів та стисненого повітря. Колова швидкість диска досягає 200 м/с.

Корпус розпилювальних сушарок має циліндричну форму і допускає багато варіантів розміщення розпилювальних пристроїв введення вихідного і видалення висушеного матеріалу.

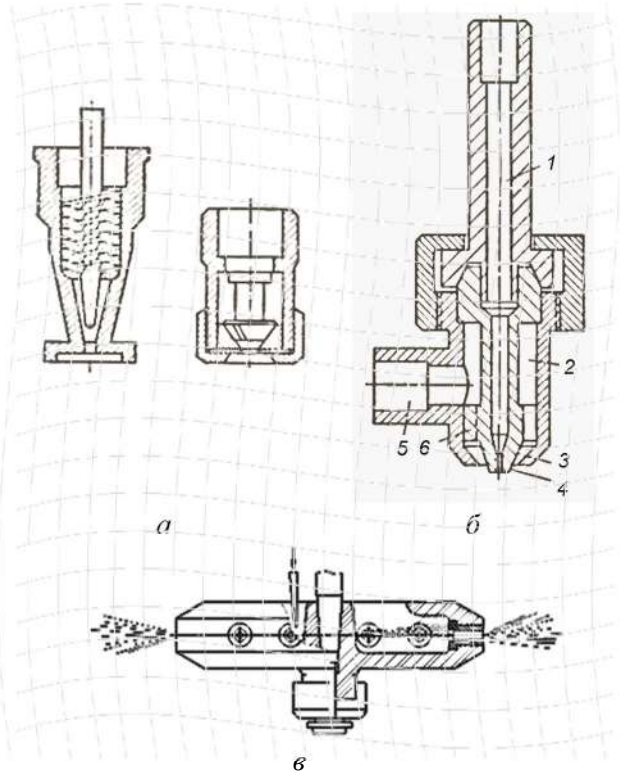


Рисунок 7.49. Конструкції розпилювачів:
***а* – механічний;**
***б* – пневматичний:** 1 – патрубок; 2 – камера; 3 – щілина для стисненого повітря; 4 – отвір для виходу рідини; 5 – патрубок подачі стисненого повітря; 6 – завихрювач;
***в* – дисковий.**

На рисунку 7.50 наведений апарат з верхнім розташуванням розпилювального диска і рухом нагрітого повітря зверху вниз. Диск отримує обертальний рух від електромотора через редуктор. Рідина або суспензія, що розпилюється, подається по трубі на центральну частину диска. Потік повітря, попередньо нагрітого в калорифері до робочої температури, надходить через розподільчий пристрій, рухається разом з розпиленим матеріалом вниз вздовж всієї камери, потім проходить через рукавний фільтр, де звільняється від зважених часток матеріалу, і викидається вентилятором в атмосферу.

Висушений матеріал осідає на дно камери, звідки за допомогою скребків потрапляє в шнек і виводиться із сушарки.

Недоліком розпилювальної сушарки є великий діаметр камери (щоб уникнути налипання вологого матеріалу на її стінки), а також порівняно низька питома випарювальна здатність.

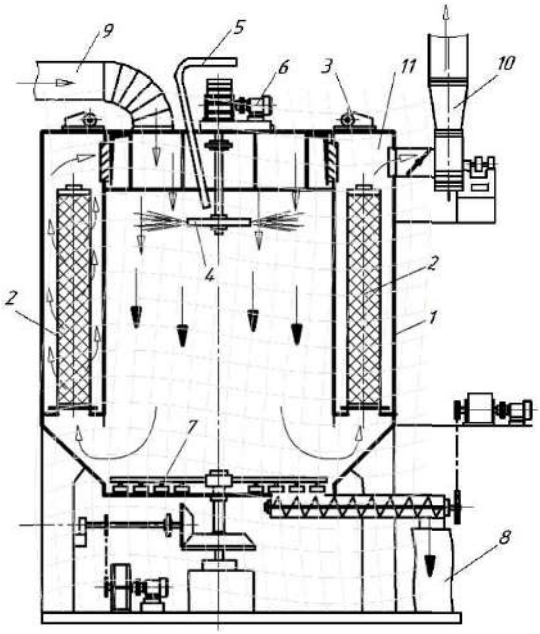


Рисунок 7.50. Розпилювальний сушильний апарат:
1 – камера;
2 – рукавний фільтр;
3 – механізм струшування фільтра;
4 – обертальний диск;
5 – подача розчину (суспензії);
6 – електродвигун;
7 – скребки;
8 – збірник висушеного продукту;
9 – вхід нагрітого повітря(газів);
10 – вихід відпрацьованого повітря;
11 – канал для відпрацьованого повітря.

Сублімаційні сушильні апарати застосовують з метою отримання висушеного продукту високої якості.

Під час сушіння сублімацією не відбувається денатурації білків, виключаються мікробіологічні процеси, зберігаються вітаміни, висушений матеріал зберігає первинний об'єм, колір, смак, запах. Під час змочування він легко поглинає воду, відновлює структуру і первинний вигляд.

Сублімацією називають випаровування твердої вологи без плавлення із замороженого матеріалу.

Сушіння методом сублімації проводиться в герметичній камері в якій створюється середній або глибокий вакуум (26,7–267 Па). За такого тиску волога з продукту випаровується за температури мінус 10–15 °С.

Апарат для сушіння харчових продуктів сублімацією (рисунок 7.51) складається з сушильної камери (субліматора) 1 зполицями для продукту 2, конденсатора (виморожувача) 3 і холодильного компресора 4.

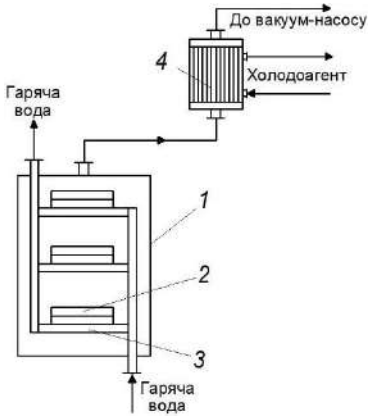


Рисунок 7.51. Схема сублімаційного сушильного апарату:
1 – сушильна камера;
2 – конденсатор;
3 – полиці для продукту;
4 – холодильний компресор.

Полиці для продукту виготовляють порожнистими. В порожнини полиць подають гарячу воду температурою близько 40°С. Можливе електронагрівання полиць з продуктом. В умовах вакууму відбувається сублімація льоду.

Утворена пара відводиться з субліматора в конденсатор, тиск у якому значно менше ніж у субліматорі. У трубчастому конденсаторі пара конденсується у вигляді льоду осідає на поверхні труб звідки видаляється періодично механічним способом або розморожуванням.

У якості охолоджувального агенту в конденсаторі застосовують розсіл або аміак з температурою мінус 20–25 °С.

Після закінчення сушіння продукт вивантажують із субліматора.

Інфрачервоні сушильні апарати (рисунок 7.52) застосовують з метою інтенсифікації процесу сушіння в результаті короткотермінової дії інфрачервоного випромінювання, яке проникає на глибину до 10 мм в товщу капілярно – пористого

матеріалу, що істотно впливає на характер полів температур і сприяє прогріванню матеріалу та швидкому видаленню вологи.

Під час інфрачервоного випромінювання густина теплового потоку на поверхні матеріалу значно більше порівняно з конвективним обігріванням.

Генераторами інфрачервоного випромінювання є спеціальні лампи з температурою нитки розжарювання 2000–2200 °С, або ж керамічні генератори зі згорянням газу без полум'я.

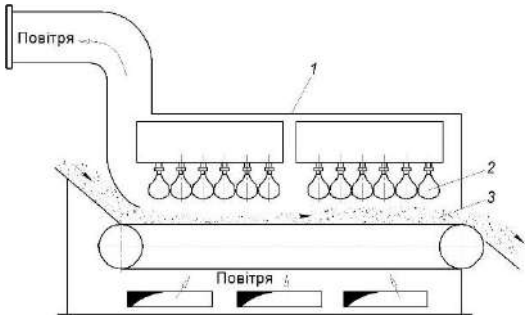


Рисунок 7.52. Схема інфрачервоного сушильного апарату:
1 – корпус сушарки;
2 – інфрачервоні випромінювачі;
3 – стрічковий конвеєр.

Сушарки, обладнані інфрачервоними випромінювачами, прості за конструкцією і виконані у вигляді тунельної камеру, в якій розміщений стрічковий конвеєр, що забезпечує переміщення продукту в процесі сушіння. Над конвеєром розміщені інфрачервоні випромінювачі відповідно до режиму сушіння.

7.3.2. Обладнання для випарювання, згущення та кристалізації харчових продуктів.

Процес випарювання є одним з найбільш поширених способів оброблення харчових продуктів. Суть процесу полягає у фазовому переході розчинника під час кипіння з рідкого в газоподібний стан. Кипіння відбувається в об'ємі розчину. Особливістю процесу є сталість температури кипіння за даного тиску і складу розчину. У процесі випарювання концентрація розчину підвищується, відбувається згущення (уварювання) рідкого харчового продукту. У багатьох випадках випарювання супроводжується кристалізацією розчинених речовин із досягненням розчином пересиченого стану. У

харчовій промисловості зазвичай випарюють водні розчини: буряковий сік, барду, молоко, сиропи, розчин солі тощо.

Найбільш поширеним теплоносієм під час випарювання є насичена водяна пара, яку називають нагрівною або первинною. Пару, що утворюється під час кипіння розчину, називають вторинною.

Для реалізації процесу випарювання застосовують випарні апарати.

Випарні апарати призначені для підвищення концентрації речовини, що знаходиться в розчині, або часткового виділення її в твердому вигляді з пересиченого розчину випарюванням розчинника.

Найпростішим, але водночас і найменш економічним, є випарювання за атмосферного тиску, так як в цьому випадку, як правило, не використовується теплота вторинної пари. Прикладом може служити апарат відкритого типу (рисунок 7.16).

Найбільш поширеним є випарювання під тиском нижче атмосферного, коли вторинну пару використовують для підігрівання інших випарних апаратів або на технологічні потреби.

Випарний апарат з центральною трубою. Схема найбільш поширеного в цукровій промисловості випарного апарату з вертикальними кип'ятильними трубами і внутрішньою центральною циркуляційною трубою наведена на рисунку 7.53. Розчин подається в трубки, де кипить, викидається над верхньою трубною решіткою і, відокремившись від вторинної пари, опускається циркуляційною трубою до входу в кип'ятильні трубки.

Згущений розчин відводиться знизу апарата. Для нагрівання розчину в міжтрубний простір подається первинна нагрівна пара, яка віддає теплоту, конденсується й у вигляді конденсату відводиться знизу. Вторинна пара відводиться через елементи пароконденсатора, де затримуються бризки. Вторинна пара переходить в конденсатор, охолоджується водою та конденсується.

Гази, які виділилися з продукту і не сконденсувалися та повітря, що потрапляє в продукт через ущільнення апарату, відводяться вакуум-насосом.

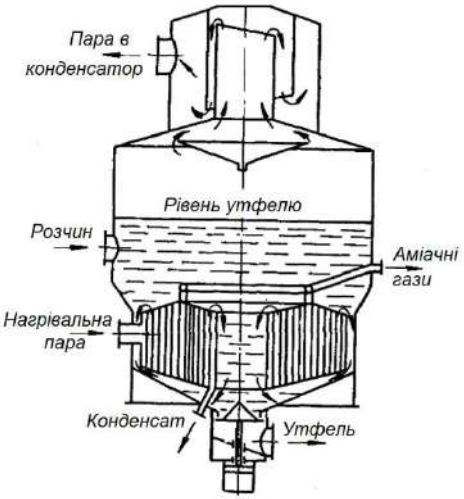


Рисунок 7.53. Схема випарного апарата

Для випарювання під вакуумом застосовують випарні апарати, які називають *вакуум-апаратами*. Вони призначені для уварювання розчинів лабільних (нестійких) речовин. Випарювання під вакуумом дозволяє проводити процес за більш низьких температур і застосовується для концентрування розчинів речовин, схильних до розкладання за високих температур.

Застосування вакууму має й інші переваги: можливість використання низькопотенційних носіїв та великий температурний напір.

Однак під час випарювання під вакуумом збільшуються витрати на встановлення та експлуатацію додаткового обладнання (вакуум-насосів, конденсаторів). У процесі уварювання продукту та відведення вторинної пари продукт поступово згущується, тобто концентрація в ньому сухих речовин підвищується. Температура кипіння залежить від тиску, за якого здійснюється процес випарювання. Чим нижче тиск, тим нижче температура кипіння рідкого продукту. У сучасних вакуум-випарних установках температура кипіння коливається від 20 до 85 ºС. Вакуум в робочій камері апарату створюється за рахунок зменшення об'єму пари під час її перетворення у воду.

Щоб отримати 1 кг води за атмосферного тиску необхідно сконденсувати 1,7 м^3 пари. За тиску, який дорівнює половині

атмосферного, необхідно сконденсувати 3,3 $м^3$ пари. Це означає, що об'єм, який займає пара, під час її конденсації зменшується відповідно в 1700 і в 3300 рази.

Класифікація вакуум-випарних установок здійснюється за такими ознаками:

- за ритмом роботи: установки періодичної та безперервної дії;
- за використанням вторинної пари: апарати з використанням та апарати без використання вторинної пари. Вони мажуть бути одно- та багатокорпусні;
- за типом поверхонь нагрівання: з трубчастими, пластинчастими, змійовиковими кип'ятильниками, а також двостінні, виконані у вигляді парової сорочки;
- за видом теплоносія, застосованого для згущення продукту: з нагріванням водяною парою, рідкими теплоносіями і з електрообігріванням;
- за тиском вторинної пари в останньому корпусі: апарати, що працюють під надлишковим тиском і під розрідженим;
- за рухом теплоносія: апарати з подачею пари в трубки або подачею пари в міжтрубний простір;
- за рухом киплячої рідини: апарати з природньою і примусовою циркуляцією.

Найбільш простими за конструкцією є двостінні випарні апарати (з паровою сорочкою). Їх використовують в малопотужних виробництвах переважно як апарати періодичної дії. У кондитерській промисловості для уварювання начинок, а також цукеркових, мармеладних та інших кондитерських мас застосовують вакуум-апарати періодичної дії.

Сферичний вакуум-апарат періодичної дії ємністю 150 л (рисунок 7.54), є двостінним варильним казаном, всередині якого змонтована дволопатева горизонтальна мішалка. Мідна чаша 1 в сталевій паровій сорочці 2 має з правого боку патрубок для подачі пари, вентиль 16, манометр 13 і запобіжний клапан 14. З іншого боку парової сорочки є повітряний кран 3 для продування парового простору та вентиль 19 для виходу конденсату. Чаша казана закрита мідним ковпаком 6, на якому змонтовані термометр 7, вакуумметр 11 і повітряний кран 20 з лійкою. Ковпак закінчується патрубком 10, в середині ковпака є відбійник для запобігання віднесення маси в вакуум-лінію.

До патрубку 10 накидною гайкою 8 кріпиться трубопровід 9, що з'єднує вакуум-апарат з конденсатором змішування водоповітряного поршневого вакуум-насоса для створення і підтримання розрідження у вакуум-апараті. Завантаження рецептурної сумішшю вакуум-апарата проводиться через штуцер 5 шляхом засмоктування суміші за допомогою вакуум-насоса та гнучкого шлангу. Один кінець шлангу приєднують до штуцера 5, а другий опускають в ємність з сумішшю. Розвантаження проводиться через нижній спускний штуцер з затвором 18. Для відбору проб передбачений кран 12. Для спостереження за процесом завантаження й уварювання передбачені 2 оглядових вікна 21. Мішалка 17 приводиться в рух від електродвигуна 15 через черв'ячний редуктор 22 і пару зубчастих коліс 4.

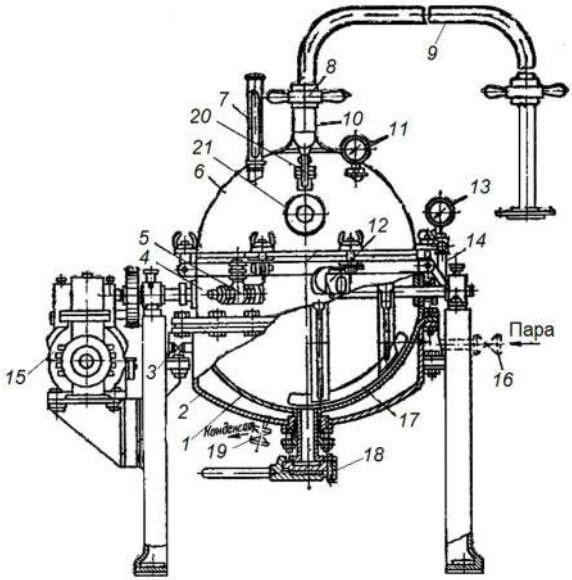


Рисунок 7.54. Вакуум-апарат періодичної дії:
1 – мідна чаша; 2 – сталева парова сорочка; 3 – повітряний продувний кран; 4 – зубчасті колеса; 5 – штуцер для завантаження; 6 – мідний ковпак; 7 – термометр; 8 – накидна гайка; 9 – трубопровід; 10 – патрубок; 11 – вакуумметр; 12 – кран для відбору проб; 13 – манометр; 14 – запобіжний клапан; 15 – електродвигун; 16 – вентиль патрубка подачі пари; 17 – мішалка; 18 – затвор; 19 – вентиль для виходу конденсату; 20 – повітряний кран з лійкою; 21 – оглядове вікно; 22 – черв'ячний редуктор.

Уніфікований змієвиковий вакуум-апарат (рисунок 7.55) застосовується в кондитерській промисловості для безперервного уварювання карамельної маси.

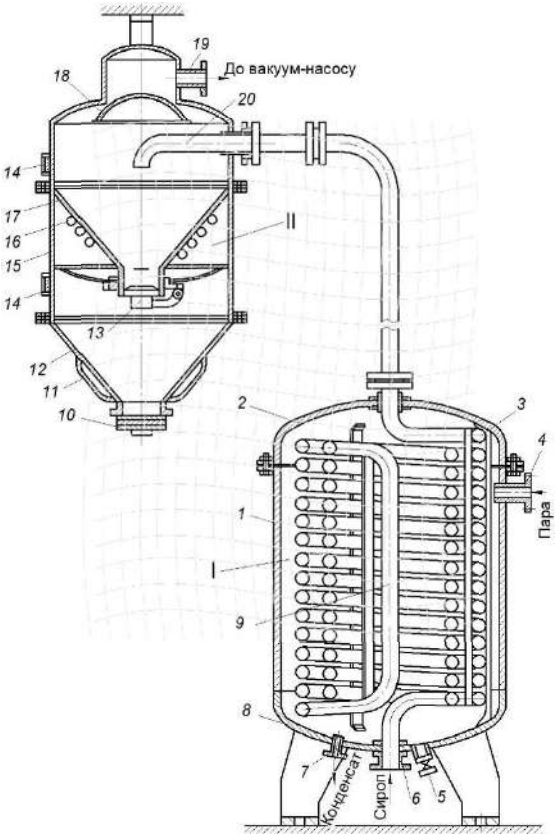


Рисунок 7.55. Змійовиковий випарний вакуум-апарат:
1 – корпус;
2 – кришка;
3 – змійовик;
4 – штуцер подачі нагрівної пари;
5 – кран для продування апарату;
6 – штуцер для подавання сиропу;
7 – штуцер для відведення конденсату;
8 – днище;
9 – з'єднувальна труба;
10 – завантажувальний клапан;
11 – парова сорочка;
12 – нижній збірник;
13 – клапан;
14 – вікно для спостереження;
15 – вакуум камера;
16 змійовик для обігрівання;
17 – конічний збірник;
18 – відбійник;
19 – патрубок відведення вторинної пари;
20 – сопло.

Апарат має нагрівну частину I і вакуум-випарну камеру II. Змійовикова поверхня теплообміну нагрівної частини апарату змонтована всередині корпусу 1 та виконана у вигляді двох змійовиків 3, розташованих один всередині другого і з'єднаних

послідовно за допомогою труби 9. Корпус має днище 8 і кришку 2. Через штуцер 4, розташований у верхній частині обичайки, подається нагрівна пара під тиском 0,7–0,8 МПа, а через штуцер 6 відводиться конденсат. На кришці корпусу нагрівної частини апарату змонтований манометр, запобіжний клапан і кран для випуску повітря, в днищі кран 5 для продування апарату.

Карамельний сироп рухається всередині змійовика знизу вверх і нагрівається до кипіння. Потім кипляча маса через сопло 20 подається в випарну вакуум-камеру і збирається в конічному збірнику 17. Оскільки в вакуум –камері підтримується вакуум за допомогою вакуум насосу маса починає активно кипіти. Вторинна пара через патрубок 19 відводиться через сепаратор до конденсатора. Відбійник 18 перешкоджає виносу маси з вакуум-камери. Якщо уварювання карамельної маси відбувається безперервно, то вивантаження апарату здійснюється періодично. Для цього нижній збірник 12 з'єднують з вакуумної лінією, вирівнюють тиск у нижньому і верхньому збірниках. Після цього клапан 13 відкривають, і карамельна маса перетікає в нижній збірник. Після повного вивантаження верхнього збірника клапан 13 закривають, з'єднують нижній збірник з атмосферою і відкривають розвантажувальний клапан 10. Дно конічних збірників підігрівається змійовиком 16 і сорочкою 11. За уварюванням маси спостерігаємо через оглядове вікно 14.

Трубчасті випарні апарати з кожухотрубною камерою нагрівання працюють на харчових виробництвах як апарати періодичної та безперервної дії. Вони бувають циркуляційними, однопрохідними і прямотечійними плівковими.

Уніфіковані циркуляційні апарати, які використовують у цукровому виробництві, мають площу поверхні нагрівання від 1000 до 2360 м^2.

Апарат ПВВ-2360 (рисунок 7.56) має сталевий циліндровий корпус 1, до якого кріпиться сферична кришка 6 і дно 5. Парова камера розташована в нижній частині циліндричного корпусу і обмежена плоскими горизонтальними трубними решітками 8, привареними до корпусу, має вальцьовані труби 7 діаметром 33×1,5 мм. У центрі парової камери розміщена циркуляційна труба 9. Патрубок 12 призначений для підведення нагрівної пари, патрубок

13 для відведення конденсату. Апарат обладнаний покажчиком рівня конденсату.

Над паровою камерою розташована сепарувальна камера. Для забезпечення роботи апарату під тиском або під розрідженням сепарувальна камера має кільця жорсткості 3. У верхній частині сепарувальної камери закріплений сепаратор 10 для поліпшення відділення крапель соку і піни від вторинної пари, що відводяться з сепаратора по трубі 11 в циркуляційну трубу 9. Для візуального спостереження за рівнем соку в апараті встановлені оглядові віконця та похилий патрубок з вмонтованою лампою для освітлення сепарувальної камери. Апарат має сигнальні запобіжні клапани на паровій і сепарувальній камерах, а також термометр і манометри для контролю за температурою та тиском в камерах.

Патрубок 14 призначений для подачі соку в апарат. На шляху входу стоять відбійні щитки 15 для запобігання змішування соків, що поступають та виходять з апарату. З цією метою патрубок 19 відведення соку з апарату входить верхнім краєм у циркуляційну трубу. Сік подається в апарат патрубками 14 в підтрубний простір. Циркуляція паросокової суміші відбувається завдяки різниці густини паросокової суміші в кип'ятильних трубках і соку в циркуляційній трубі. Патрубок 17 призначений для виходу вторинної пари, 18 – для виходу повітря, 16 – для зливу соку під час вивантаження апарату. Апарат має лаз і опорні лапи 4. Для гасіння піни передбачена маслянка, яка з'єднана трубками з паровою та соковою камерами. Істотним недоліком циркуляційних випарних апаратів є досить тривалий час перебування розчину (20–30 хвилин) в трубах камери нагрівання, що викликає зниження якості концентрованого розчину, особливо за його високої термочутливості. Зменшення часу перебування розчину в трубах нагрівання випарного апарату досягається під час плівкового режиму течії та однопрохідних режимів випарювання.

Для отримання готового продукту високої якості, що зберігає натуральний колір, смак, аромат і вітаміни, уварювання харчових продуктів проводять у вакуум-випарних установках.

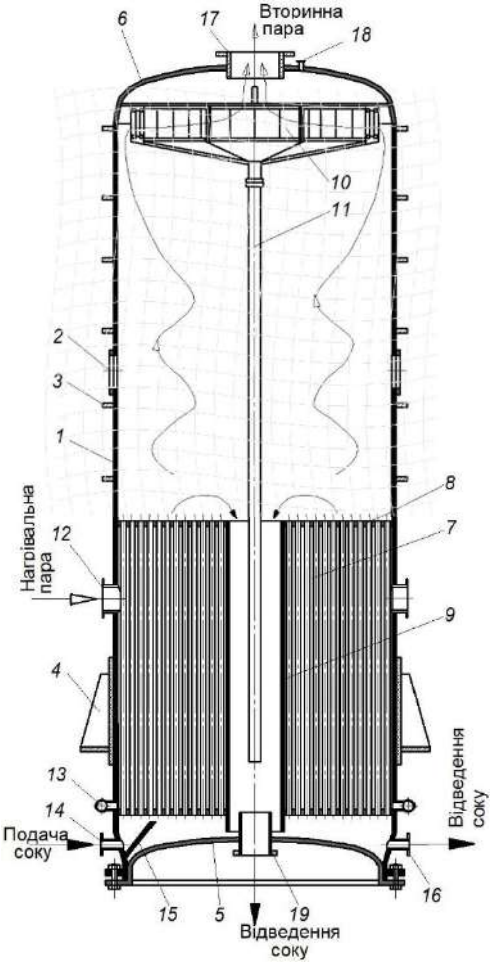


Рисунок 7.56. Уніфікований циркуляційний апарат ПВВ-2360:
1 – сталевий циліндричний корпус;
2 – оглядові віконця;
3 – кільця жорсткості;
4 – опорні лапи;
5 – дно;
6 – сферична кришка;
7- вальцьовані труби;
8 – трубні решітки;
9 – циркуляційна труба;
10 – сепаратор;
11 – труба;
12 – патрубок подачі нагрівної пари;
13 – патрубок для відведення конденсату;
14 – патрубок для подачі соку;
15 – відбійний щиток;
16 – патрубок для виходу соку з апарату;
17 – патрубок для виходу вторинної пари;
18 – патрубок для виходу повітря;
19 – патрубок для виходу соку.

Найбільш простим є **однокорпусна вакуум-випарна установка**, якій незалежно від конструкції складається з камери 2, паропроводу 3, конденсатора 4, вакуум-насоса 5 і краплевловлювача 6 (рисунок 7.57).

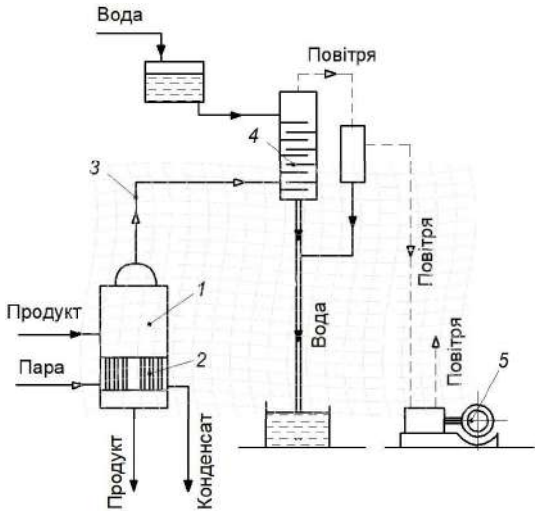


Рисунок 7.57. Схема однокорпусної випарної установки:
1 – Випарна вакуум-камера;
2 – нагрівна камера;
3 – паропровід;
4 – конденсатор;
5 – вакуум насос;
6 – каплеуловлювач.

Однокорпусна вакуум-випарна устанровка працює наступним чином.

Корпус апарату заповнюється масою для уварювання, рівень якої вище рівня парової камери на 150–200 мм. Маса для уварювання всмоктується під дією розрідження всередині апарату з резервуару, встановленого на деякій висоті.

Маса для уварювання нагрівається до температури кипіння в нагрівній камері та починається процес випаровування. Вторинна пара відводиться по паропроводу в конденсатор, де вона конденсуються та віддає теплоту охолоджувальній воді.

Повітря з конденсатора видаляється вакуум-насосом. Після закінчення уварювання концентрована маса продукту вивантажується з апарату через розвантажувальний штуцер, розташований по осі днища апарату.

Вакуум-випарні апарати з двостінною нагрівальною камерою застосовують для уварювання томатних продуктів, а також для варіння повидла та джему (рисунок 7.58).

Вакуум – апарат має сферичну поверхню нагрівання об'ємом 0,75–0,8 м^3 з лопатевою мішалкою, що приводиться в рух через черв'ячний редуктор від електродвигуна. У парову сорочку подається пара під тиском 0,3–0,4 МПа.

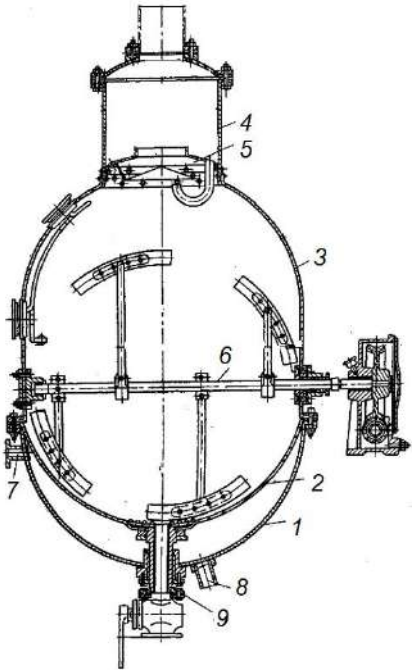


Рисунок 7.58. Вакуум-апарат з двостінною нагрівною камерою:
1 – сталевий зовнішній корпус;
2 – внутрішня мідна сферична чаша;
3 – мідний корпус;
4 – сухопарник;
5 – каплеуловлювач;
6 – мішалка;
7 – патрубок для подачі пари;
8 – патрубок для відведення конденсату;
9 – розвантажувальний патрубок.

Для економії витрат пари, води і електроенергії застосовують *багатокорпусні випарні апарати*, в яких легше здійснити безперервний процес випарювання. Такі апарати зазвичай складаються з окремих корпусів вакуум-апаратів. Кількість корпусів залежить від економічно вигідного перепаду температур і властивостей випарюваного продукту.

Багатокорпусні випарні установки. З метою зменшення витрат пари на випарювання води з продукту, вторинну пару, отриману в випарному апараті, використовують в нагрівній камері іншого випарного апарату. Такі установки називають багатокорпусними. Набули поширення двокорпусні та трьохкорпусні установки. Принципова схема трьохкорпусної установки наведена на рисунку 7.59.

Перший корпус обігрівається парою, що надходять ззовні. Вторинна пара першого корпусу переходять в нагрівну камеру наступного корпусу і там конденсується. Вторинна пара останнього корпусу надходять в конденсатор.

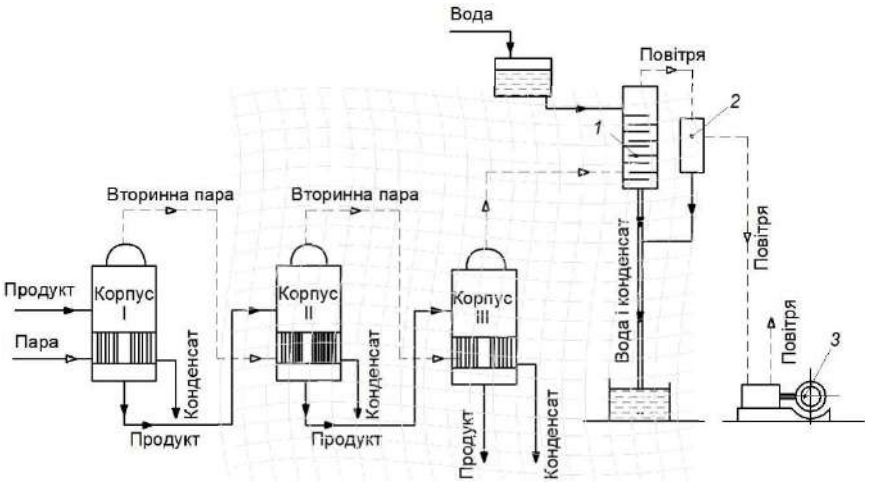


Рисунок 7.59. Схема трьохкорпусної випарної установки
1 – конденсатор; 2 – вловлювач; 3 – вакуум-насос.

У кожному наступному корпусі тиск вторинної пари менший, ніж у попередньому. Це призводить до того, що температура кипіння маси знижується в кожному наступному корпусі та буває найвищою в першому та найнижчою в останньому. Під час роботи установки підтримується постійний рівень маси та сталий для кожного корпусу відсотковий вміст сухих речовин, що збільшується від першого корпусу до останнього.

Продуктивність багатокорпусної випарної установки залежить від кількості корпусів та від суми перепадів температур за всіма корпусами та поверхнями нагрівання. Збільшення числа корпусів зменшує витрати пари, однак, економія поступово зменшується і за деякої кількості корпусів вона стає настільки мала, що не виправдовує витрат на встановлення корпусу.

Обладнання для кристалізації

Процеси кристалізації знайшли широке застосування в харчовій промисловості під час виробництва цукру, солі, згущеного молока, молочного цукру та багатьох інших продуктів.

Кристалізацією називають процес виділення твердої фази у вигляді кристалів з розчинів і розплавів. Процес кристалізації проводять шляхом зниження температури розчину або видалення з нього розчинника. За таких умов розчин переходить зі стану насиченого в пересичений. Пересичені розчини нестійкі та легко переходять в насичені. Частина твердої речовини виділяється у вигляді кристалів. Процес кристалізації складається з двох стадій. На першій стадії утворюються зародки центрів кристалізації, на другому – відбувається ріст кристалів. Кристали можуть мати різні розміри від 0,0001 г до 1.5 кг. У виробництві згущеного молока з цукром, помади необхідно забезпечити кристали не більше 10 мкм. Отримання пересиченого розчину у процесі кристалізації може бути здійснено чотирма способами:

- охолодженням розчину;
- випаровуванням розчинника;
- одночасним охолодженням розчину і випаровуванням розчинника;
- висолюванням.

Так, із додаванням $MgCl_2$ у розчин кухонної солі знижується розчинність NaCl, що призводить до утворення пересиченого розчину. Найпростіші кристалізатори, що працюють за першим способом, є посудинами з сорочкою та мішалкою. Мішалка сприяє прискоренню охолодження та запобігає осадженню кристалів на дно апарату. У цукровій промисловості використовують вакуум-апарати періодичної дії, в яких процес випарювання супроводжується кристалізацією цукру.

Вакуум-апарат з механічним циркулятором є апаратом періодичної дії з посиленою циркуляцією утфеля за допомогою механічного циркулятора (рисунок 7.60). Він складається з корпусу 5 з верхнім і нижнім конічним днищем і кришкою. У верхній частині розміщено сепаратор 7, парова камера 3 знаходиться в нижній частині корпусу. До днища апарату прикріплений кільцевий конденсатор 17 з трубками для рівномірного подаваннгя продукту в апарат.

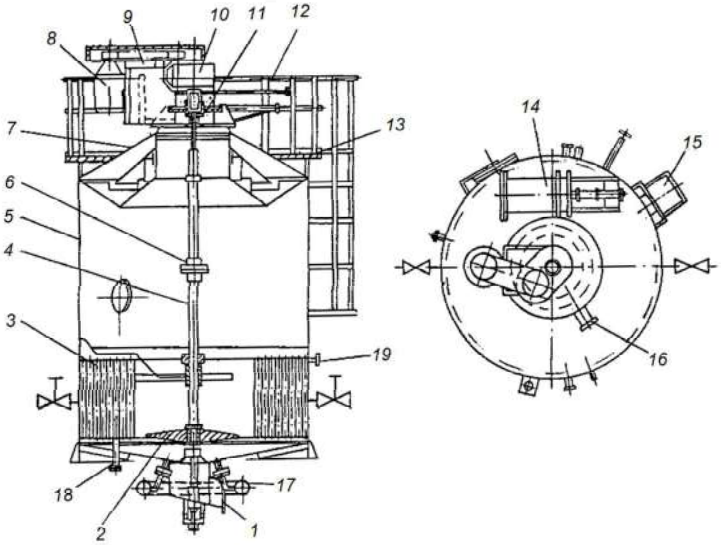


Рисунок 7.60. Вакуум-апарат з механічним циркулятором:
1 – пристрій для вивантаження утфелю; 2 – мішалка; 3 – парова камера, 4 – вал; 5 – корпус; 6 – муфта; 7 – сепаратор; 8 – електродвигун; 9 – клинопасова передача; 10 – редуктор; 11 – привід; 12 – огородження; 13 – майданчик; 14 – заслінка; 15 – сходи; 16 – патрубок подачі продукту; 17 – кільцевий колектор для підведення пари в нагрівну систему; 18 – патрубок для відведення конденсату; 19 – патрубок для відведення газів, які не сконденсувалися.

Для видалення вторинної пари у верхній частині апарату знаходиться заслінка 14, що приводиться в рух пневмоциліндром. Усередині апарату знаходиться циркулятор у вигляді лопатевого перемішувача. Він складається з мішалки 2 на валу приводу 11. Мішалка має знімні лопатки. Вал приводиться в рух від електродвигуна через клинопасову передачу і циліндричний двоступінчастий редуктор. Апарат має патрубки 16, 17, 18, 19 відповідно для подачі продукту, для підведення пари в камеру нагрівання, для відведення конденсату та для відведення газів, які не сконденсувалися. Для охолодження утфелю в цукровому виробництві застосовують, як горизонтальні так і вертикальні кристалізатори, що мають різні конструкції поверхонь теплообміну.

Горизонтальний кристалізатор складається з горизонтального коритоподібного корпусу 14 (рисунок 7.61), в якому обертається пустотілий вал 16. На валу закріплені лопаті 13, 6 для перемішування і двадцять дискових елементів теплообміну 15. Диски мають секторні вирізи, кожен з них повернутий на 180º до попереднього, що забезпечує протікання утфелю вздовж кристалізатора. Для повного вивантаження ємності від утфелю в нижній частині торцевої стінки встановлено шиберний розвантажувальний пристрій 10 з ручним рейковим механізмом 9.

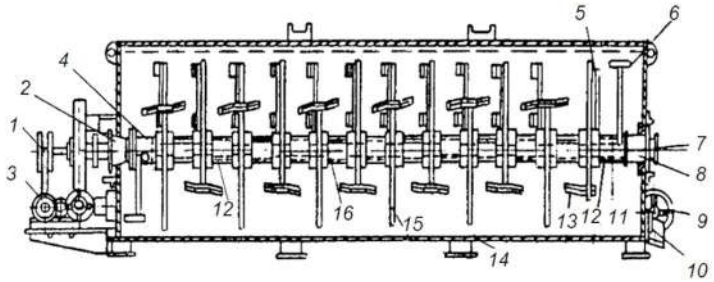


Рисунок 7.61. Горизонтальний кристалізатор:
1 – патрубок виходу води; 2, 8 – підшипники; 3 – двигун; 4 – заглушка; 5 – перегородка; 6, 13 – перемішувальна лопать; 7 – патрубок для подавання охолоджувальної води; 9 – ручний рейковий механізм; 10 – шиберний розвантажувальний пристрій; 12 – перехідний патрубок; 15 – дискові елементи; 14 – коритоподібний корпус; 16 – пустотілий вал.

Охолоджувальна вода по патрубку 7 надходить в торець пустотілого валу і рухається в напрямку протилежному руху утфелю.

Вода, що перетікає з диска в диск через отвори перед заглушкою 4, надходить в протилежний кінець валу і через патрубок 1 виходить з кристалізатора.

7.3.3. Обладнання для перегонки і ректифікації

Перегонка – це процес поділу суміші, що складається із двох або більше летких компонентів.

Поділ перегонкою полягає в різниці леткості та температури кипіння компонентів суміші. Під час кипіння суміші легколеткий компонент переходить у парову фазу в більшій кількості ніж важколеткий. Під час конденсації цієї пари одержують рідину, що містить більшу кількість важколеткого компонента.

Під час багаторазової перегонки суміш можливо розділити на відносно чисті складові.

На харчових виробництвах застосовують кілька способів поділу сумішей – просту перегонку, перегонку з дефлегмацією, і ректифікацію.

Проста перегонка, або дистиляція – це процес одноразового часткового випаровування рідкої суміші та конденсації утвореної пари. Цей спосіб використають тоді, коли немає необхідності повністю розділити суміш, а також, коли леткість компонентів суміші значно відрізняється. Просту перегонку використовують у виробництві коньяку й ефірних олій.

Ректифікація – це процес багаторазової перегонки під час протитечійної взаємодії пари, що утворюється під час перегонки, з рідиною (флегмою), що одержують конденсацією. Ректифікація забезпечує більш повний поділ суміші, одержують більш чисті кінцеві продукти з мінімальним вмістом домішок.

Апарат для простої перегонки (дистиляції) складається із куба і конденсатора (рисунок 7.62).

Ємність, у якій кипить вихідна суміш, називається *куб.*

Апарат, у якому відбувається конденсація пари, називається *конденсатор,* сконденсована пара – *дистилят.*

Рідина, що залишилася в кубі після процесу перегонки, називається *кубовий залишок.*

Пара, що утворюється в кубі, видаляється в конденсатор 2, конденсується і утворює дистилят.

За допомогою простої перегонки неможливо одержати дистилят з високим вмістом легколеткого компонента. Для більш повного поділу суміші використається перегонка з дефлегмацією.

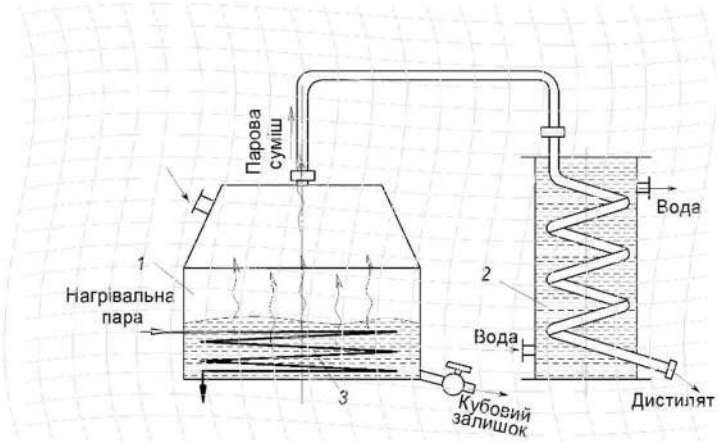


Рисунок 7.62. Апарат для простої перегонки:
1 – куб; 2 – конденсатор; 3 – нагрівач

Дефлегмація – це часткова конденсація пари. Процес полягає в тому, що утворену під час перегонки пару частково конденсують, і конденсат повертають у куб. Утворений конденсат називається *флегма*. Часткова конденсація відбувається в спеціальному конденсаторі, що називається дефлегматор.

Під час перегонки з дефлегмацією концентрація легколеткого компонента в дистиляті збільшується, але продуктивність процесу зменшується.

Апарати для перегонки з дефлегмацією показані на рисунках 7.63 і 7.64. У найпростішому апараті (рисунок 7.63) для дефлегмації використається шолом 2, установлений над кубом 1. Шолом прохолоджується повітрям. Частина пари в ньому конденсується і повертається в куб.

Також використається для перегонки апарат з дефлегматором тарілчастого типу (рисунок 7.64). У дефлегмаційному пристрої встановлені тарілки 2. Дефлегматор зрошується водою, на тарілках утвориться конденсат – флегма, що повертається в куб.

Якщо необхідно зробити перегонку за більш низької температури – процес проводять під вакуумом. Для цього конденсатор з'єднують із вакуум-насосом, що відкачує гази, що не конденсуються. Як відомо, за більш низького тиску температура кипіння рідини нижча.

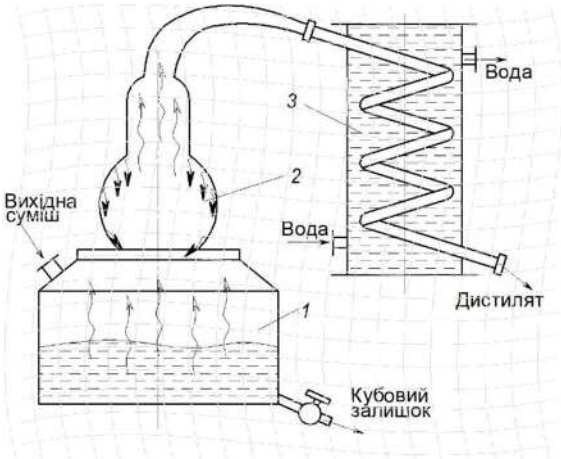


Рисунок 7.63. Перегонний апарат з дефлегмаційним пристроєм у вигляді шолома:
1 – куб; 2 – шолом; 3 – конденсатор.

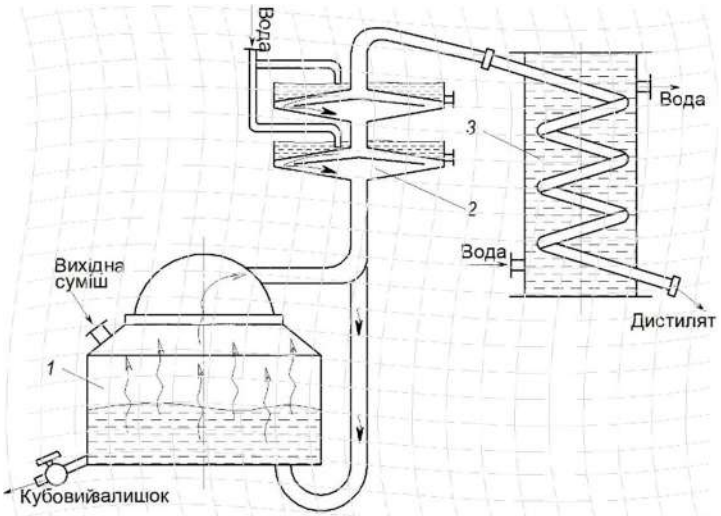


Рисунок 7.64. Перегонний апарат з тарілчастим дефлегмаційним пристроєм:
1 – куб; 2 – тарілчасте дефлегмаційне пристосування; 3 – конденсатор.

Перегонка з водяною парою. Температуру перегонки можна знизити, якщо процес проводити в присутності інертного компоненту. Таким компонентом найчастіше є водяна пара. Наприклад, цей спосіб використають для одержання ефірних олій. Температура кипіння ефірних олій досягає 350 °С. Але у присутності водяної пари вони переганяються за температури нижче 100 °С.

Перегонна установка для одержання ефірних олій – це установка періодичної дії, що складається з куба 1, конденсатора 9 і приймача 10 (рисунок 7.65).

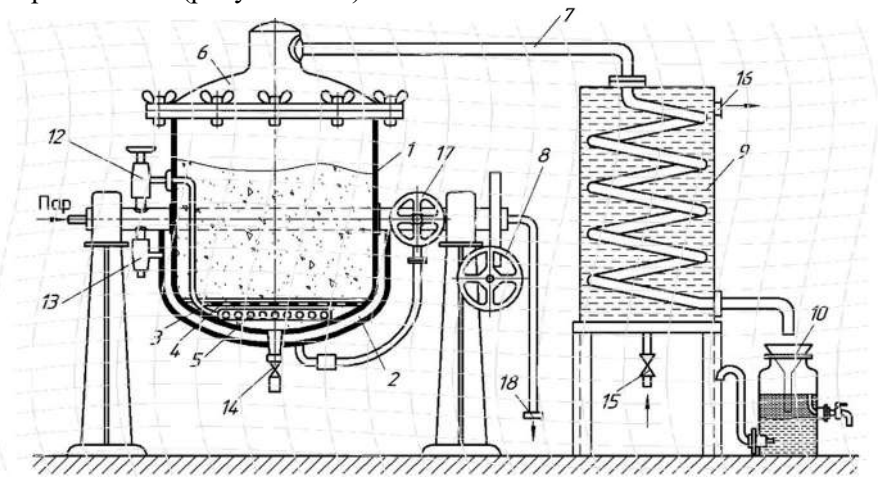


Рисунок 7.65. Установка для одержання ефірних олій методом перегонки з водяною парою:
1 – куб; 2 – парова сорочка; 3 – перфороване днище; 4 – тканина; 5 – барботер; 6 – кришка; 7 – труба; 8 – механізм повороту куба; 9 – конденсатор; 10 – приймач.
Вентилі:
11 – зливу рідини з куба; 12 – подачі пари в куб; 13 – подачі пари у водяну сорочку; 14 – зливу конденсату; 15, 16 – подачі та зливу холодної води в конденсаторі; 17, 18 – відпрацьованої пари.

У куб на перфороване дно 3 кладуть шар полотна 4 і заповнюють рослинною сировиною. За необхідності куб заповнюють водою. Заповнений куб герметично закривають кришкою 6. Суміш нагрівається за допомогою парової сорочки 2. Пара подається в

сорочку через вентиль 13, а через вентиль 14 випускають конденсат. Для нагрівання суміші через вентиль 12 і барботер 5 у куб подають пару. Пара проходить через сировину і забирає за собою ефірне олія. Пари видаляються по трубі 7 у конденсатор 9. Охолоджена вода надходить у конденсатор через вентиль 15, а видаляється через вентиль 16. Конденсат (суміш ефірних олій і води) з конденсатора подається в приймач 10. Якщо олія легше води, воно збирається зверху, а воду відводять через трубку внизу приймача. Якщо олія важче, то воно опускається на дно, а воду видаляють через трубку у верхній частині приймача.

Після вилучення ефірних олій суміш у кубі охолоджують, рідину зливають через кран 14, куб перевертають за допомогою зубчастого механізму 8 і висипають рослинну сировину.

Якщо у воді, що збирається у приймачі 10, міститься багато ефірних олій, то її повторно переганяють. Особливість процесу полягає в тому, що більша частина олії відганяється в перші хвилини процесу.

Перегонка повинна відбуватися з помірною інтенсивністю, тому що за великої продуктивності вода й олія утворять емульсію, яку складно розділити.

Проста перегонка малоефективна. Для кращого поділу суміші використають процес ректифікації.

Ректифікаційна установка безперервної дії складається з ректифікаційної колони, дефлегматора і холодильника (рисунок 7.66).

Ректифікаційна колона оснащена *контактними пристроями* (*тарілками*), які призначені для забезпечення контакту між паровою і рідкою фазами. Вихідна суміш нагрівається до температури кипіння і подається в середню частину колони на верхню тарілку нижньої (виснажної) частини колони. Частина колони, що перебуває вище місця введення суміші, називається концентраційною. Суміш опускається по нижній виснажній частині колони. Назустріч їй рухається пара, що утворюється під час нагрівання нижньої частини колони водяною парою.

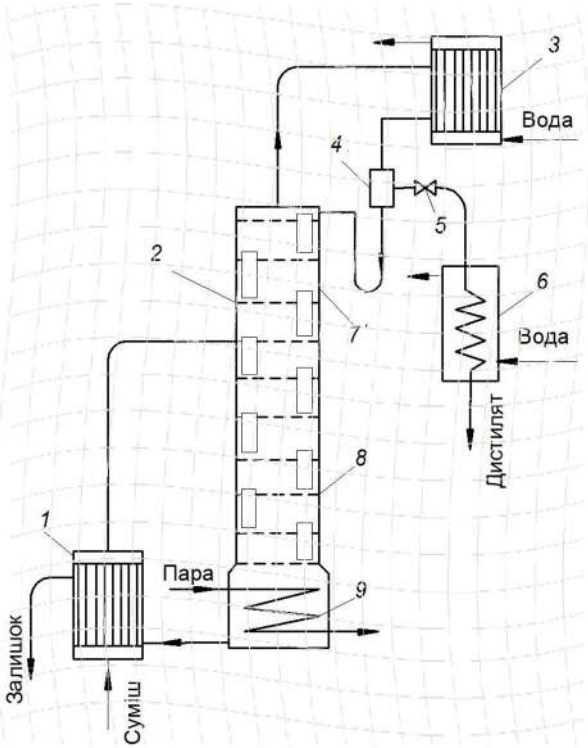


Рисунок 7.66. Схема ректифікаційної установки безперервної дії:
1 – теплообмінник; 2 – колона; 3 – дефлегматор; 4 – розподільчий стакан; 5 – вентиль; 6 – холодильник; 7 – концентраційна частина; 8 – виснажна частина; 9 – кип'ятильник.

Взаємодія пари і рідини супроводжується тепломасообмінними процесами, що призводить до перерозподілу компонентів суміші. Пара збагачується легколеткими компонентами, а в рідині збільшується зміст важколетких компонентів. У міру проходження через виснажну частину колони майже весь легколеткий компонент переходить у парову фазу. Тому за достатньої кількості контактних пристроїв кубовий залишок, що виходить із колони, містить в основному важколеткий компонент. Пара, що виходить із виснажної та попадає в концентраційну частину, містить майже весь легколеткий компонент, що перебував у вихідній суміші.

Концентраційна частина колони призначена для збільшення в суміші концентрації легколеткого компонента. Пара, що піднімається в колоні, взаємодіє з флегмою, що стікає і складається в основному з легколеткого компонента. З верхньої частини колони пара збагачена легколетким компонентом попадає в дефлегматор, де конденсується. Утворена рідина розділяється на два потоки. Перший потік повертається в колону у вигляді флегми. Другий потік подається в холодильник для охолодження і відводиться з установки у вигляді дистиляту. Дистилят – майже чистий легколеткий компонент. Таким чином, у ректифікаційній колоні вихідна суміш безупинно і досить повно розділяється на дистилят і кубовий залишок. Температура в ректифікаційній колоні зменшується по висоті знизу вгору.

Для поділу складних сумішей ректифікацією використають багатоколонні установки. Наприклад, для поділу трикомпонентної суміші потрібна двоколонна установка. Для ректифікації складних сумішей у певних зонах колон установлюється максимальна концентрація окремого компонента або групи компонентів. Визначивши зону нагромадження домішок і відбираючи їх із цієї зони, можна значно зменшити кількість колон. У виробництві етилового спирту для виділення чотирьох основних фракцій використається трьохколонна установка.

Брагоректифікаційні колони, що застосовуються в спиртовій промисловості, укомплектовані бражною, епюраційною і ректифікаційною колонами.

Ректифікаційні установки можуть бути розділені на наступні групи:

брагоперегонні установки (для одержання із бражки спирту-сирцю) бувають двох типів:

- одноколонні установки, флегма яких звільняється від спирту (виварюється) разом із бражкою в нижній частині колони (бражній колоні);
- двоколонні установки, у яких флегма виварюється окремо від бражки в лютерній колоні;
- *ректифікаційні установки* (для одержання спирту ректифікату зі спирту-сирцю) періодичної безперервної дії;
- *брагоректифікаційні установки* безперервної дії;
- *установки для одержання абсолютного спирту* (із бражки або спирту-ректифікату)

Ректифікаційні колони, що входять до складу установок бувають колонними, відгінними та концентраційними

Ректифікаційна колона. Ректифікаційні колонні апарати за способом контакту фаз поділяють на тарілчасті, насадкові та плівкові. На харчових підприємствах набули поширення ректифікаційні тарілчасті колонні апарати.

Тарілчастий колонний апарат складається з вертикального корпусу, сферичної кришки і днища. Корпус колони циліндричної форми може бути виготовлений звареним або з окремих царг, якщо тиск в апарату не перевищує 1,6 МПа. Усередині корпусу змонтовані тарілки.

У спиртовому виробництві найчастіше використовують колони зібрані із царг у вигляді кільця або пустотілої циліндричної оболонки діаметром 400–4000 мм. Висота колони залежить від кількості тарілок і відстані між ними. Мінімальна відстань рекомендується в межах 170–200 мм. Зі збільшенням діаметру колони відстань між тарілками збільшується.

Ректифікаційна колона оснащена штуцерами для введення сировини, пари, флегми, виведення пари, кубового залишку. Під час закритого обігрівання колони в нижній частині додатково розміщено штуцери для виведення пари з випарника і введення циркулюючої кубової рідини у випарник, а також штуцера для вимірювання тиску і температури за висотою колони, відбирання проб.

Колони періодичної дії мають куби великої ємності. У колонах безперервної дії кубом є нижня частина колони висотою 1–1,5 м.

Місце введення сировини в колону визначає склад вихідної суміші, що повинен відповідати складу рідини на певній тарілці по висоті колони. Відповідно повинні бути розміщені штуцери в колоні. На рисунку 7.67 показана ректифікаційна колона для одержання спирту-сирцю.

Вона складається з двох частин. Верхня концентраційна частина оснащена 9 багатоковпачковими тарілками, а нижня виснажна частина – 18 одноковпачковими тарілками.

Тарілки ректифікаційних колон. *Багатоковпачкова тарілка* із круглими ковпаками – найпоширеніша (рисунок 7.68). Вона має металеве полотно з отворами для парових патрубків, які прикріплені до полотна.

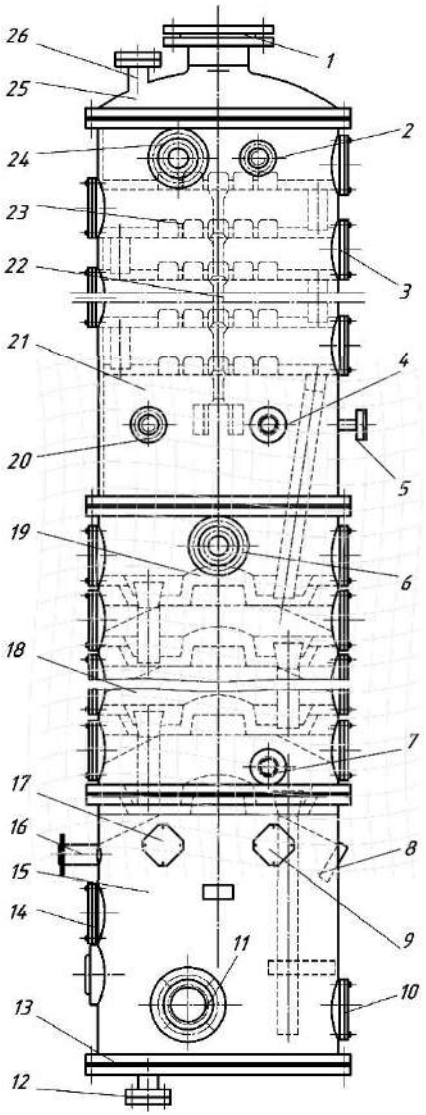


Рисунок 7.67.
Ректифікаційна колона:
1 – штуцер виходу спиртової пари;
2, 20 – штуцер для термометра;
3 – люк;
4 – штуцер для терморегулятора;
5 – штуцер для уведення піногасника;
6 – штуцер уведення бражки;
7 – штуцер для парорегулятора;
8 – гільза термометра;
9 – штуцер для підведення рідини від парорегулятора;
10 – люк кубової частини;
11 – штуцер входу пари;
12 – дренажний штуцер;
13 – днище колони;
14 – штуцер виводу барди;
15 – кубова царга колони;
16 – штуцер для бардорегулятора;
17 – штуцер для вакуум-переривача;
18 – виснажна частина колони;
19 – одноковпачкова тарілка;
21 – концентраційна частина колони;
22 – стійка;
23 – багатоковпачкова тарілка;
24 – штуцер флегми;
25 – кришка колони;
26 – штуцер промивної води.

Над патрубками встановлюються ковпачки, найчастіше діаметром 60 і 80 мм. Ковпачки мають прорізи висотою 15, 20 або 30

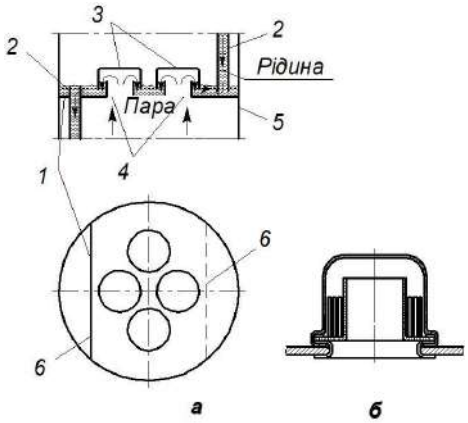


Рисунок 7.68. Багатоковпачкова тарілка:
а – схема роботи тарілки:
1 – полотно тарілки;
2 – переливний стакан;
3 – ковпачок;
4 – паровий патрубок;
5 – царга колони;
6 – сегментна перегородка;
б – варіант кріплення мідного штампованого ковпачка

мм. Для створення необхідного рівня рідини використають переливні трубки, які розташовуються по діаметру, або сегментні переливні перегородки. Прорізи ковпачків повинні бути занурені в рідину, тому переливні трубки і перегородки виступають над тарілкою на певну висоту. Пара надходить через паровий патрубок, проходить через прорізи і барботує крізь шар рідини. Під час взаємодії пари і рідини утворюється дрібнопориста піна і проходить обмін компонентами між фазами. На тарілці має місце перехресний плин рідини і пари. Ці тарілки належать до групи барботажних контактних пристроїв. Рідина перетікає вниз із тарілки на тарілку через переливні пристрої (стакани). Назустріч знизу вгору проходить пара.

Ковпачкові контактні пристрої мають широкий інтервал сталої роботи, відносно високий коефіцієнт корисної дії (0,5–0,7), але мають великий гідравлічний опір і можуть використовуватися для переробки чистої рідини. Недоліком також є значна металоємність та складність виготовлення.

Одноковпачкова тарілка працює аналогічно багатоковпачковій. Одноковпачкові тарілки добре працюють у колонах малого діаметра. Зі збільшенням діаметра ефективність їхньої роботи зменшується.

Багатоковпачкові тарілки використаються в колонах брагоректифікаційних установок: епюраційних, спиртових, сивушних, кінцевого очищення. Використають їх також у концентраційній частині брагоперегонних установок для одержання

спирту-сирцю. У сучасних установках епюраційні колони мають 39–40 багатоковпачкових тарілок, а спиртові 71–74.

Бражні колони брагоректифікаційної установки і виснажна частина колони брагоперегонної установки оснащені одноковпачковими тарілками. Вони можуть використовуватися для перегонки бражки і інших рідин, які містять суспендовані тверді частинки.

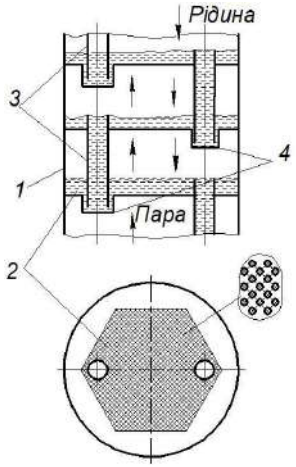


Рисунок 7.69. Схема сітчастої тарілки:
1 – царга;
2 – перфороване полотно;
3 – переливні трубки;
4 – стакан.

Сітчаста тарілка є одним з найпростіших тарілчастих контактних пристроїв (рисунок 7.69). Це перфорований металевий диск із отворами діаметром 2–12 мм, які розміщаються на площині тарілки по вершинах рівнобічних трикутників. Тарілка закріплюється горизонтально в колоні. Для підтримки певного рівня рідини в колонах малого діаметра застосовуються переливні трубки, нижні кінці яких занурені в суцільні стакани. У колонах більшого діаметра використовують сегментні переливні перегородки. Пара, що піднімається в колоні, проходить крізь отвори тарілки і розподіляється в шарі рідини у вигляді бульбашок та струменів. За таких умов відбувається масообмін між фазами. Сітчасті тарілки мають більший вільний переріз (площину отворів), ніж ковпачкові, тому продуктивність їх за парою на 30–40% перевищує ковпачкові. Рівень рідини на тарілці підтримується певним тиском у колоні. Зі зменшенням тиску рідина може перетікати через отвори на всій площині тарілки або окремих її частинах, що погіршує масообмін. Це може відбутися також за неточного встановлення (перекосу) тарілок.

Сітчасті тарілки ефективні, прості у виготовленні, мають малу металоємність, але мають потребу в точному горизонтальному монтажі.

Сітчасті тарілки застосовуються в бражних колонах великого діаметра (> 1400 мм).

Провальні контактні тарілки. У цих тарілках пара і рідина проходять через одні ті ж самі отвори, тому вони мають більший, ніж сітчасті, вільний переріз (12–20%). Ці конструкції не мають потреби в переливних пристроях і мають більшу робочу площу.

Решітчасті провальні тарілки виготовляються із сталевих або мідних листів товщиною 3-5 мм. Щілини штампуються або фрезеруються шириною 2-6 мм і довжиною 60-200 мм. На сусідніх тарілках щілини розташовуються взаємно перпендикулярно. Такі тарілки прості за конструкцією, їхня пропускна спроможність зав рідиною більше, ніж у сітчастих, але вони мають вузький діапазон стабільної роботи. Решітчасті провальні тарілки рекомендується використовувати у бражних колонах.

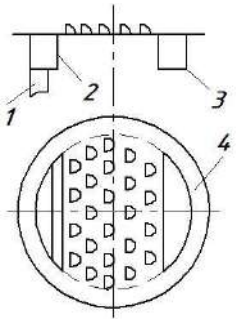


Рисунок 7.70. Схема лускоподібної тарілки:
1 – переливний патрубок;
2 – зливний сегмент;
3 – приймальний сегмент;
4 – металевий диск.

Лускоподібна тарілка (рисунок 7.70) виготовляється з металевого листа, у якому у шаховому порядку штампуються арочні луски. Кут нахилу становить 15–20°. Зміна вільного перерізу тарілки досягається зміною кількості лусок. Тарілка має утоплені приймальні та зливні сегменти. До зливного сегмента прикріплена переливна труба.

Потік пари, що переміщується в колоні, змінює напрямок руху із проходженням через луски, прорізи яких спрямовані у бік руху рідини. Спрямований паровий потік збільшує швидкість рідини, що переміщується з підйомом у бік зливання. У робочому струменевому режимі пара інтенсивно турбулізується в рідинний потік, значна частина пароріднинної суміші піднімається над тарілкою і рухається в міжтарілчастому просторі. Лускоподібні тарілки працюють за високих швидкостей пари і незначному бризковиносі, мають високу ефективність (КПД 0.5–0.7).

Цей тип тарілок рекомендується застосовувати в бражних колонах діаметром більше 1,4 м під час перегонки бражки мелясної та зі подрібненої зерно-картопляної сировини. Бражна колона з лускоподібними тарілками характеризується широким діапазоном

стабільної роботи, більшою продуктивністю порівняно з типовими бражними колонами, сприяє поліпшенню якості спирту.

Клапанні тарілки. Металеве плоске полотно тарілки має круглі або квадратні отвори, які закриті клапанами. Відповідно виготовляють дискові та прямокутні клапани (рисунок 7.71). Під час переміщення в колоні пари знизу вгору клапани трохи піднімаються, пара проходить крізь проріз, що утворився, і контактує з рідиною, що перебуває на тарілці. Зі збільшенням кількості пари клапан піднімається вище. Прохідний переріз збільшується, а швидкість руху пари не змінюється. Висота підйому клапана становить 6-8 мм і обмежується кронштейном-обмежником. Клапанні тарілки оснащені також переливними пристроями і можуть працювати в режимах з перехресною і прямотечійною взаємодією фаз. В останньому випадку клапани мають обмежувачі різної довжини.

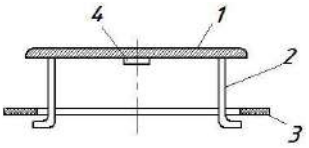


Рисунок 7.71. Схема клапана:
1 – клапан;
2 – обмежувач підйому;
3 – полотно тарілки;
4 – регулятор зазору.

На сучасному етапі клапанними тарілками оснащують бражні та епюраційні колони. У ректифікаційних установках для перероблення вторинної сировини виноробства і дистиляції масляних місцел використають вихрові контактні пристрої.

Насадкові ректифікаційні колони. Крім тарілчастих ректифікаційних колон на харчових виробництвах застосовують насадкові колони (рисунок 7.72). Вони найпоширеніші на виробництвах з малою продуктивністю.

У насадкових колонах контакт між парою і рідиною відбувається на насадках. Насадки – тіла різної форми, якими заповнюють колону. Найпоширенішою є насадка у вигляді тонкостінних кілець. Наприклад, діаметр і висота кільця – 25 мм, товщина стінки – 3 мм. Також насадки можуть виготовлятися у вигляді сідла, куль, сітки або мати довільну форму. Основна мета насадки – забезпечити більшу поверхню контакту флегми і пари в колоні, а також мати добре обтічну форму.

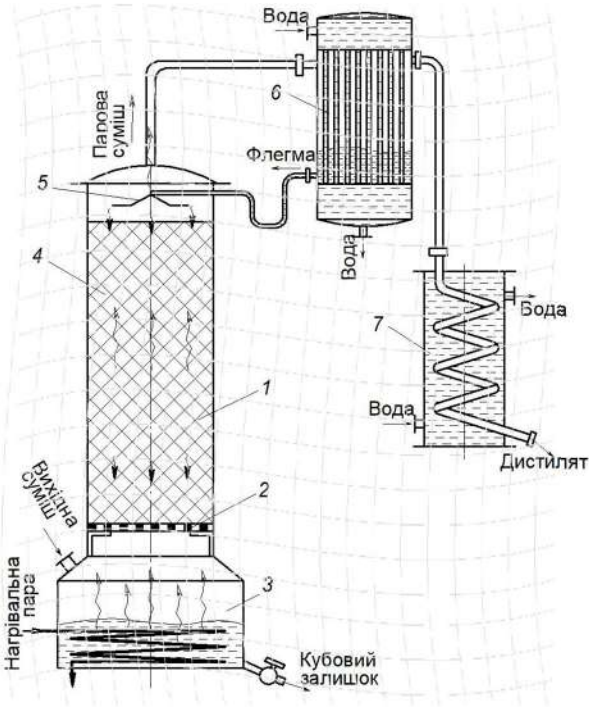


Рисунок 7.72. Установка з насадковою колоною:
1 – колона; 2 – решітка; 3 – куб; 4 – шар насадок; 5 – розпилювач флегми; 6 – дефлегматор; 7 – конденсатор.

Насадки виготовляють із антикорозійних матеріалів – кераміки, порцеляни, нержавіючої сталі.

У корпусі колони 1 установлена решітка 2, на яку укладають шар насадок (довільно, або впорядковано). Водно-спиртова пара, що піднімається з куба 3, контактує з флегмою на поверхні насадок, забираючи з неї більше леткий компонент.

В іншому принцип дії ректифікаційних апаратів з насадковими і тарілчастими колонами не відрізняються.

У **плівкових ректифікаційних апаратах** рідина (флегма) стікає у вигляді тонкої плівки по стінках труб або каналів, стикаючись із потоком водно-спиртової пари, віддаючи їй більш леткий компонент (спирт, ефірна олія, тощо)

Схема плівкової ректифікаційної колони представлена на рисунку 7.73. Основним елементом колони є пучок вертикальних

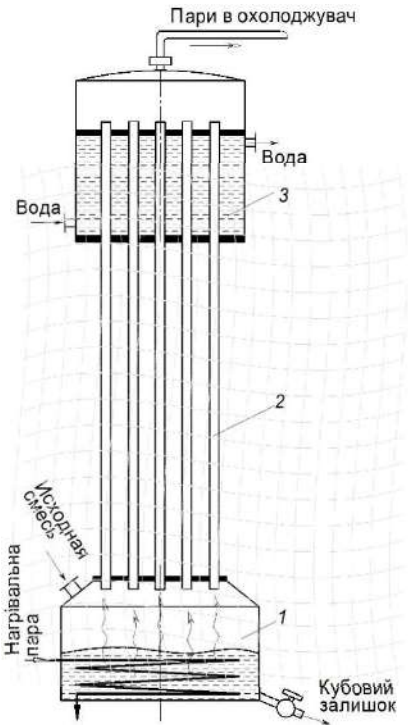


Рисунок 7.73. Схема плівкової ректифікаційної колони трубчастого типу:
1 – куб; 2 – труби;
3 – дефлегматор; 4 – нагрівач;
5 – патрубок подачі вихідної суміші.

труб 2. Використаються труби діаметром від 5 до 20 мм. У труби надходить пара з куба 1. Флегма утворюється в дефлегматорі 3. У верхній частині трубок 2 пара конденсується завдяки охолодженню трубок водою. Утворена флегма стікає по внутрішній поверхні труб у вигляді тонкої плівки, контактуючи з парою, що піднімається вверх. Пара, збагаченіа в результаті обміну із флегмою більш летким компонентом, видаляється з апарата і надходить у холодильник (конденсатор).

Більш ефективні колони з малим діаметром труб, тому що збільшується поверхня контакту фаз.

Плівкові колони найчастіше використаються для ректифікації під вакуумом, коли температура кипіння продуктів знижується. Їх іноді використають у парфумерній промисловості для перероблення продуктів, які неприпустимо нагрівати до високих температур.

7.4. Обладнання для проведення масообмінних процесів

7.4.1. Обладнання для екстрагування

Екстрагування – це процес вилучення розчинником з багатокомпонентної твердої або рідкої речовини одного або декількох компонентів, які мають вибіркову (селективну) розчинність.

Процеси екстрагування розчинених речовин з рослинної сировини відносяться до найпоширеніших у харчовій промисловості. В окремих галузях (цукровій, спиртовій, олієжировій, фармацевтичній) вони є визначальними для продуктивності підприємств і якості готової продукції

Апарати для екстрагування називаються *екстракторами.*

В екстрактор подають сировину, з якої необхідно вилучити певний компонент, і розчинник (*екстрагент*). Після розчинення компонента в розчиннику відводять розчин, що утворився *(*екстракт).

Екстрагування може відбуватися в системах "*тверде тіло – рідина*" і "*рідина – рідина*"

Екстрагування в системах "тверде тіло – рідина" використовується у виробництві цукру, рослинних олій, лікеро-горілчаної та фармацевтичної продукції, розчинних кави і чаю, екстрактів плодів і ягід, для добування ферментів з культур мікроорганізмів.

Рідинну екстракцію (у системі, де екстрагент і сировина є рідинами) використовують у виробництві спирту, вина, антибіотиків, для очищення рослинних олій, а також для добування сивушних олій із сивушної рідини, що відбирається з ректифікаційних апаратів.

Рідинна екстракція – спосіб добування розчиненої речовини з однієї рідкої фази в іншу (екстрагент). Водночас, рідкі фази взаємно нерозчинні, але зі змішуванням утворять дрібнодисперсну емульсію.

Цей процес проводять у тих випадках, коли речовина важко виділяється з однієї фази, але після переходу в іншу фазу легко виділяється, випадаючи в осад, шляхом перегонки або іншими способами. Наприклад, вода і деякі інші екстрагенти під час змішування з рослинними оліями вилучають із них сторонні домішки, які погіршують смакові та інші властивості олії. Цей процес називається *рафінацією.*

Екстракція з рідини застосовується у рафінації рослинних олій, виробництві харчових (наприклад, молочної) кислот з ферментованих розчинів, нестійких з'єднань, таких як антибіотики з культуральних рідин, у виробництві спирту, вина, для добування сивушних олій із сивушної рідини, що відбирається з ректифікаційних апаратів.

Іноді рідинна екстракція супроводжується хімічною реакцією. У таких процесах іони речовини або незаряджені частинки у вихідному розчині вступають у взаємодію з компонентами екстрагента, а потім продукти реакції розчиняються в екстрагенті.

Як розчинник (екстрагент), використовують воду, спирт, бензин, бензол і ін.

Звичайно процес екстрагування відбувається в такому порядку:

- екстрагент проникає в пори частинок сировини;
- необхідний компонент розчиняється;
- екстрагована речовина переноситься на поверхню розподілу фаз;
- екстрагована речовина з поверхні часточок переноситься в об'єм екстрагента.

У деяких випадках екстрагування відбувається без розчинення необхідного компонента. Наприклад, цукор у тканинах цукрового буряка перебуває в розчиненому стані.

Перенесення маси відбувається двома способами – мікроперенесенням окремих молекул у нерухомому середовищі та мікроперенесенням груп молекул у середовищі, що рухається. Перший спосіб називається молекулярною дифузією, а другий – конвективною.

Основний закон молекулярної дифузії (закон Фіка) встановлює зв'язок між кількістю екстрагованої речовини G і основними параметрами процесу.

$$G = \frac{D_B \cdot F \cdot \tau (C_1 - C_2)}{l}$$

де D_B – коефіцієнт внутрішньої дифузії, $м^2/с$; F – площа поверхні, через яку вилучається цільовий компонент, $м^2$; τ – тривалість процесу, с; C_1, C_2 – середня концентрація компонента відповідно у твердій фазі та екстрагенті; l – довжина шляху перенесення маси, м.

Рушійної силою процесу екстрагування, як і всіх масообмінних процесів, є різниця концентрацій. Тому поверхня контакту між

сировиною і розчинником повинна постійно оновлюватися – це досягається постійним перемішуванням або пульсацією.

Процес екстрагування можна проводити періодичним способом, наприклад, у виробництві настоянок, косметичних речовин. У високопродуктивних виробництвах використають безперервні способи екстрагування, які відрізняються напрямком потоків – прямотечійні, протитечійні та комбіновані режими.

Під час екстрагування часто використають рециркуляцію екстрагента. Після одержання екстракту частину його забирають для наступного оброблення, а частину повертають назад в екстрактор, додаючи чистий екстрагент. За таких умов концентрація розчинених речовин зростає, а витрата екстрагента і енергії знижується.

Для інтенсифікації процесу екстрактори можуть працювати за підвищеного або зниженого тиску, а також із накладанням вібрацій – за таких умов зростає швидкість проникнення екстрагента в пори речовини.

Класифікація обладнання для екстрагування. Залежно від режиму роботи розрізняють екстрактори періодичної, напівбезперервної та безперервної дії.

За характером руху екстрагента і твердих частинок розрізняють екстрактори протитечійні, прямотечійні, з екстрагуванням у нерухомому, рухливому або псевдозрідженому шарі.

За видом циркуляції – з одноразовим проходженням екстрагента і рециркуляцією екстрагента.

За тиском в екстракторі – атмосферні, вакуумні та під тиском.

За властивостями твердих часток – грубозернисті, дрібнозернисті, тонкодисперсні, пастоподібні, волокнисті та інші.

Також розрізняють конструкції екстракторів.

За видом корпусу апарата екстрактори бувають колонні та камерні.

За видом транспортувального органу – шнекові, лопатеві, ланцюгові, стрічкові та інші.

За розташуванням корпусу апарата – горизонтальні, вертикальні та похилі.

Екстрактори періодичної дії використовуються за малої продуктивності, а також у виробництві невеликих кількостей різних видів продукції.

Звичайно екстрактор періодичної дії це камерний апарат (реактор) з механічним, пневматичним або сполученим перемішуванням компонентів. Для перемішування в основному використовуються лопатеві та пропелерні мішалки.

Також використовуються чани для настоювання. Якщо в чані через нерухомий щільний шар часток безупинно циркулює (фільтрується) екстрагент, такий апарат називається **перколятором**, а процес – **перколяція.** Циркуляція екстрагента забезпечується насосом.

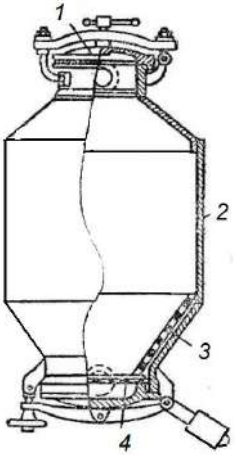


Рисунок 7.74. Перколятор:
1 – кришка; 2 – корпус;
3,4 – сита.

На рисунку 7.74 показана конструкція найпростішого перколятора.

Одиничні перколятори використовують у випадку тривалого процесу або для невеликої продуктивності.

Якщо необхідна висока продуктивність, використовують батареї з декількох перколяторів.

Замкнута система комунікацій дозволяє періодично відключати один з перколяторів від циркуляційної системи, звільняти його від виснаженого матеріалу, завантажувати свіжий матеріал і знову підключати в батарею. Чим більше перколяторів, тим ближче процес до безперервного.

Процес у батареях перколяторів може проходити двома способами:

- спочатку рідина у всіх перколяторах нерухома, а потім перекачується з апарата в апарат;
- рух екстрагента з апарата в апарат безперервний і переривається на період відключення чергового апарата.

Недолік батарейних перколяторів – великі витрати ручної праці, підвищена металоємність, складність регулювання процесу та його автоматизації.

Схема батареї з 8 перколяторів показана на рисунку 7.75.

Перколятори 1, 2…8, 1 по черзі завантажують. Перколятор 1, у який завантажують свіжу сировину і забирають екстракт,

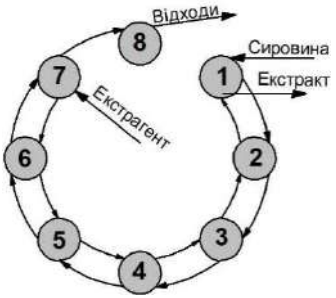


Рисунок 7.75.
Схема батареї перколяторів

називається головний. З перколятора 8 забирають виснажену сировину. У перколятор 7 подають екстрагент.

Після завантаження перколятора 2 процес зміщується на один щабель, і він стає головним. З нього забирають екстракт, а з 8 забирають виснажену сировину.

Схожі схеми використають у крохмальному виробництві для замочування зерна кукурудзи, у виробництві кави й інших екстрагованих напоїв, у фармацевтичній промисловості для виробництва настоянок.

Екстрактор з киплячим шаром. Ефективність роботи екстрактора з киплячим шаром (рисунок 7.76) полягає в тому, що процес проходить під час кипіння. Для зниження температури кипіння (30–60 °С) екстрагування проводять під вакуумом.

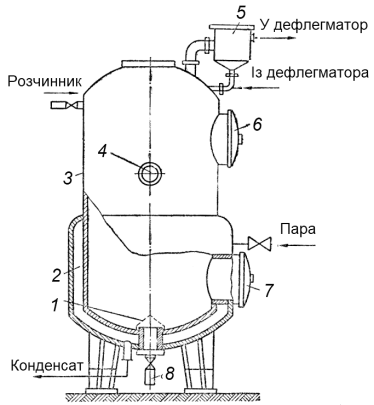


Рисунок 7.76.
Екстрактор
з киплячим шаром:
1 – сито;
2 – парова камера;
3 – корпус;
4 – оглядове вікно;
5 – уловлювач;
6 – люк для завантаження;
7 – люк для вивантаження;
8 – зливальний патрубок

Для одержання вакууму екстрактор підключають до вакуум-насоса. Пара направляється в конденсатор звідки конденсат повертається в екстрактор. Завдяки кипінню інтенсифікується масообмін на поверхні розподілу фаз, а замкнутий характер процесу дозволяє зберегти всі екстрактивні, у тому числі й леткі речовини, що поліпшує якість продуктів і знижує втрати.

Екстрактор для одержання желатину. Желатин – продукт переробки сполучної тканини тварин. Його виготовляють екстрагуванням зі шкір свинячих або великої рогатої худоби і подрібненої кісткової сировини. Екстрактор періодичної дії для вилучення желатину (рисунок 7.77) складається з корпусу 1, що оточений зовні паровою сорочкою 2. Днище 5 корпусу перфоровано, і на ньому встановлена перфорована труба 4.

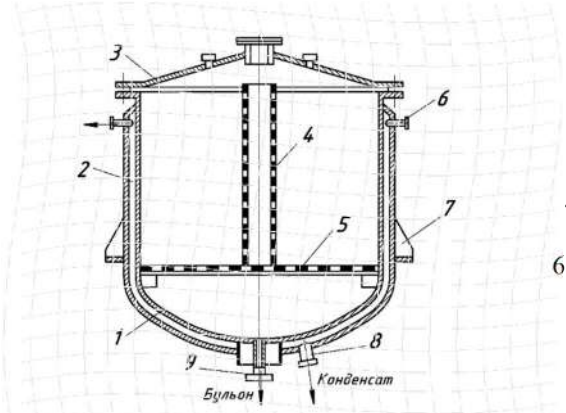


Рисунок 7.77. Екстрактор для одержання желатину: 1 – корпус; 2 – водяна сорочка; 3 – кришка; 4 – перфорована труба; 5 – перфороване дно; 6 – патрубок подачі пари; 7 – опора; 8 – патрубок зливання конденсату; 9 – патрубок зливання бульйону.

В екстрактор подають сировину іта заливають її водою з температурою 80°С. Після цього в парову сорочку подається пара для підтримки постійної температури бульйону. Після завершення екстрагування, коли бульйон під час охолодження може збільшувати в'язкість (перетворюється в драгль), його зливають із апарата через патрубок 9. Бульйон зливають повільно, водночас шар сировини відіграє роль фільтра, адсорбуючи на своїй поверхні жир.

Сировину, що залишилась, заливають повторно водою і процес повторюють кілька разів, за таких умов концентрація желатину в наступних порціях бульйону зменшується. Часто такі малоконцентровані бульйони знову використають як екстрагенти.

Отриманий бульйон (екстракт) додатково очищають на центрифугах, згущують у вакуум-випарних апаратах, стерилізують за температури 140 °С, охолоджують, одержують драгль, якій висушують, наприклад, на стрічкових сушарках.

Екстрактори безперервної дії використовуються на високопродуктивних підприємствах у виробництві цукру, рослинних олій, ферментів, розчинної кави, настоянок.

Їхня перевага полягає в можливості автоматизації процесу та відсутності ручної праці, забезпечення рівномірного споживання енергії та сировини. У порівнянні з періодичними апаратами вони мають кращі масообмінні характеристики.

Недолік безперервних екстракторів – переміщення екстрагента і сировини одночасно, сировина руйнується, процес у різних місцях апарата протікає нерівномірно.

Двоколонний шнековий екстрактор призначений для вилучення рослинної олії з насіння соняшника, бавовни і сої. Подібні двоколонні апарати з різними транспортувальними пристроями застосовуються в цукрових, ферментних і олієекстракційних виробництвах харчової промисловості.

Екстрактор (рисунок 7.78) складається із двох колон – завантажувальної 12 і екстракційної 14, усередині яких установлені шнеки 1 і 3. Витки шнеків перфоровані.

Частота обертання шнеків вертикальних колон 0,4–0,5 об/хв, проміжної (горизонтальної) ділянки – 0,9 об/хв. Матеріал надходить у завантажувальну колону через люк 4, переміщається шнеком 1 до перехідної ділянки і транспортується далі шнеком 3 у верхню частину екстракційної колони до розвантажувального люка 5.

У якості екстрагента використовується бензин. Нагрітий бензин подається через патрубки 6 у різні ділянки апарата, і рухається назустріч твердому матеріалу. Рослинна олія розчиняється і переходить із насіння у бензин. Екстракт фільтрується через ситовий фільтр 7 і видаляється через патрубок 8.

Рослинне олія і бензин мають різні температури кипіння, вони легко розділяються методом перегонки. Остаточне очищення рослинної олії від бензину проводять методом перегонки з водяною парою.

Відпрацьована сировина видаляється через патрубок 5.

Після закінчення роботи залишки бензину зливають через патрубок 9.

Екстрактор має високу продуктивність (100–210 тон на добу, залежно від виду сировини) і повністю механізований. До його недоліків варто віднести великі розміри, неповне вилучення рослинної олії із сировини, відносно низьку концентрацію екстракту і надходження в приміщення парів екстрагента (бензину) із завантажувального люка.

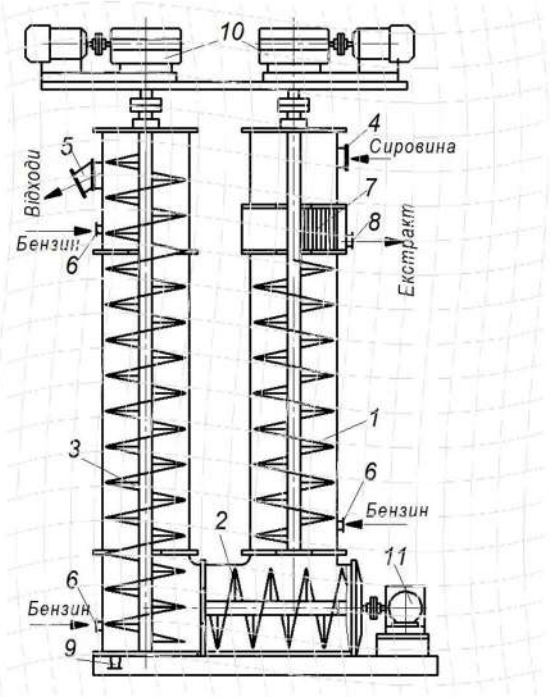


Рисунок 7.78. Двоколонний шнековий екстрактор:
1, 2, 3 – шнеки; 4 – люк завантаження сировини;
5 – люк вивантаження відходів; 6 – патрубки подачі бензину;
7 – ситовий фільтр; 8 – патрубок вилучення екстракту;
9 – патрубок зливу бензину; 10, 11 – приводи шнеків;
12 – завантажувальна колона; 13 – перехідна ділянка;
14 – екстракційна колона.

Екстрактор з пружними пластинами. Використовується для одержання екстрактів і настоянок у виробництві напоїв, а також у фармацевтичній промисловості.

Екстрактор (рисунок 7.79) складається з корпусу 1, що розділений на секції. У кожній секції обертається вал, на якому закріплений барабан, а на барабані – два ряди пружних лопатей 3. Для підігрівання суміші використають водяну сорочку 4. Подрібнений матеріал з бункера роторним живильником 7 подають

у першу секцію екстрактора. Назустріч сировині рухається екстрагент, що подається через патрубок 6. Сировина за допомогою пружних лопатей 3 занурюється в екстрагент і подається далі. Лопаті також притискають сировину до стінок, витискаючи екстрагент, у такий спосіб відбувається постійне відновлення поверхні масообміну, що позитивно впливає на продуктивність процесу.

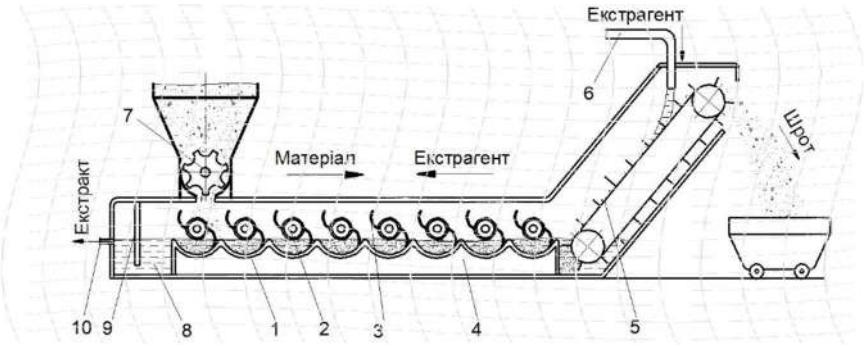


Рисунок 6. Екстрактор із пружними лопатями:
1 – корпус; 2 – вал із барабаном; 3 – пружні лопаті; 4 – водяна сорочка; 5 – транспортер; 6 – патрубок подачі екстрагента; 7 – роторний живильник; 8 – камера збору екстракту; 9 – перегородка; 10 – патрубок видалення екстракту.

На виході лопатей із секції вони випрямляються і перекидають сировину в наступну секцію. З останньої секції транспортер 5 забирає і виводить сировину (шрот) з екстрактора. Екстракт збирається в камері 8 і виводиться через патрубок 10.

Сировина перебуває в екстракторі до 2 годин.

Недолік екстрактора – велика кількість обертальних деталей і вузлів, складний привод, що ускладнює обслуговування апарату і підвищує витрати електроенергії.

Похилий екстрактор для одержання розчинної кави. Розчинну каву одержують шляхом екстрагування розчинних речовин з меленої кави. Перед екстрагуванням зерна кави обсмажують та подрібнюють.

Екстрактор (рисунок 7.80) виготовляють герметичним і процес проводять за підвищеного тиску близько 1 МПа, що дозволяє нагріти екстрагент (воду) до 170 °С.

Корпус 1 екстрактора виготовлений у вигляді здвоєного нахиленого корита. У корпусі розміщені два шнеки 2, які обертаються назустріч один одному. Подрібнена кава подається через живильник 3 і шнеками транспортується у верхню частину екстрактора. Назустріч каві рухається вода. Корпус екстрактора має три парові сорочки 4, що дозволяє підтримувати необхідну температуру в різних зонах апарата.

Відпрацьована сировина видаляється через люк 5. Екстракт фільтрується через сито 6 і видаляється через патрубок 7.

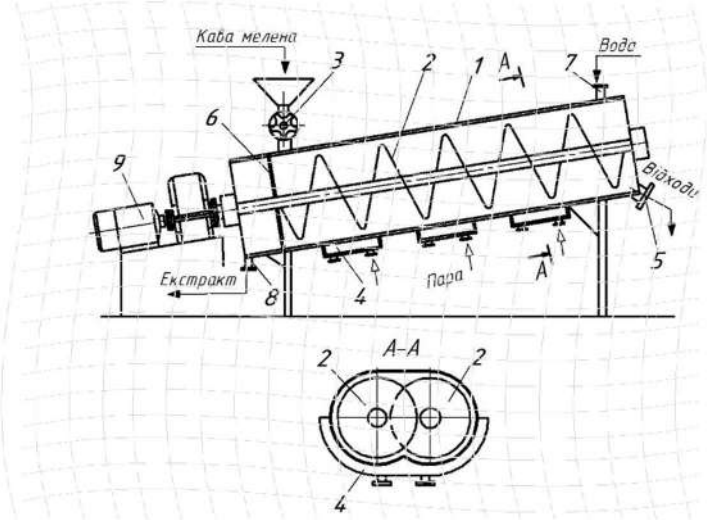


Рисунок 7.80. Екстрактор для виробництва розчинної кави:
1 – герметичний корпус; 2 – шнеки; 3 – живильник; 4 – парові сорочки; 5 – люк видалення відпрацьованої сировини; 6 – ситовий фільтр; 7, 8 – патрубки подавання води та видалення екстракту; 9 – привід.

Живильник 3 і люк 5 мають спеціальні пристрої для забезпечення герметизації апарата та можливості підтримування у ньому надлишкового тиску.

Попереднє заморожування кавового екстракту і наступне його сублімаційне сушіння сприяє одержанню близьких за розмірами частинок. У сублімаційному сушінні компоненти екстракту кави завдяки низькій температурі оброблення іта вакууму не піддаються істотним змінам. Особливо сприятливі такі умови для збереження летких ароматичних речовин кави.

Похила двошнекова дифузійна установка застосовується на цукрових заводах для добування сахарози з бурякової стружки.

Установка (рисунок 7.81) виконана у вигляді корита *2,* установленого під кутом 8°. Корито складається з двох паралельних циліндричних поверхонь. На зовнішній поверхні днища змонтовано тринадцять парових камер *5* для нагрівання соко-стружкової суміші. Зверху корито закрите кришкою з люками для спостереження за роботою апарата.

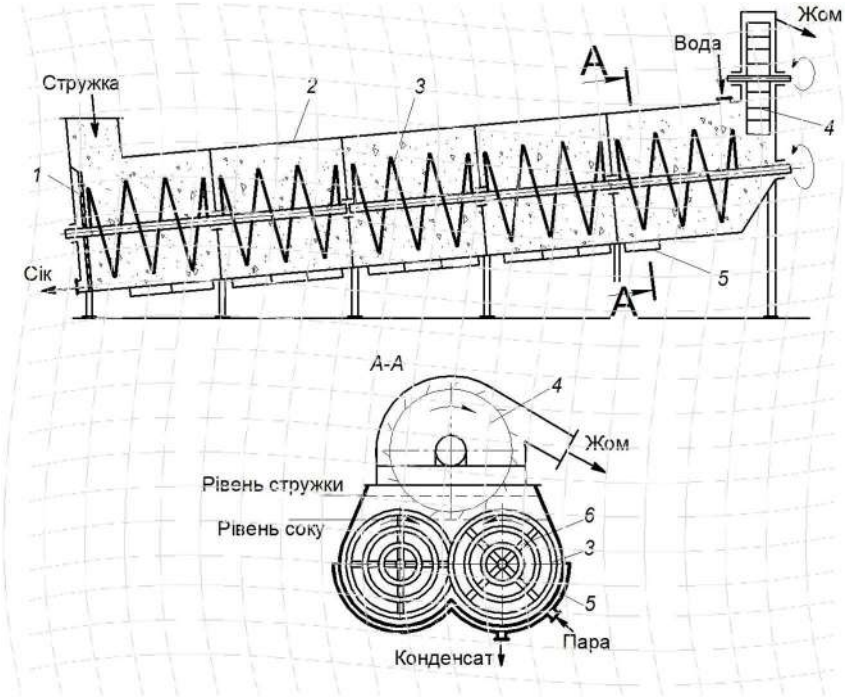


Рисунок 7. 81. Похила двошнекова дифузійна установка:
1 – ситова камера; 2 – корито; 3 – шнек; 4 – вивантажувальне колесо; 5 – парові камери; 6 – кронштейни.

Всередині корпусу розташовані два шнеки 3 (частота обертання 0,40–1,15 об/хв), які обертаються один назустріч другому. Багатострічкові витки шнеків частково заходять один в інший, що перешкоджає обертанню стружки разом зі шнеком. Стрічки шнеків прикріплені до валів за допомогою радіальних кронштейнів 6. Один шнек має праву навивку витків, інший – ліву.

Апарат розділений на п'ять однотипних секцій, у яких установлені підшипники, що служать опорою для валів. Рами, що підтримують підшипники, виконують роль контрлопатей.

Для запобігання поломки дуже довгих валів, шнеків і опорних підшипників вали розділені на два напіввали. Кожна пара верхніх і нижніх напіввалів синхронно обертається від свого привода. Обидва приводи з електродвигунами постійного струму працюють синхронно і мають однакове навантаження. Дифузійний сік відбирають через ситову камеру 1. Сита очищаються обертовими шкребками.

Бурякова стружка через приймальний бункер надходить у головну частину апарата і шнеками 3 пересувається назустріч воді у хвостову частину, де захоплюється і видаляється лопатевим вивантажувальним колесом 4 із сітчастими черпаками. Одночасно соко-стружкова суміш підігрівається до необхідної температури паровими камерами 5.

Гаряча живильна вода подається під лопатеве колесо. Заповнення верхньої частини апарату регулюють зміною напрямку струменя води за допомогою поворотного патрубка. Коли вода надходить проти обертання лопатевого колеса, продуктивність його зменшується, а заповнення апарата збільшується. Із подачею води в сторону від лопатевого колеса продуктивність колеса збільшується, а завантаження апарата зменшується.

Як збільшене, так і занадто низьке завантаження апарата стружкою приводить до порушення процесу екстракції цукру зі стружки.

За нормальної роботи апарата рівень соку безпосередньо в ситі перебуває на 0,20–0,25 м нижче верхньої точки витків шнеків, а стружка заповнює корито майже повністю. Тому під час перемішуванні стружки шнеками вона виявляється то зануреною в сік, то піднятою вище його рівня. Це сприяє інтенсифікації процесу дифузії.

Дуже важливо, щоб під час роботи шнеків не припинялася подача води в апарат, що запобігає руйнуванню шнеків. Не можна допускати і перегрівання стружки, що позначається на її транспортуванні: стружка погано пересувається в апараті, і утворюються місцеві скупчення («корки»).

Такі апарати для виділення сахарози з бурякової стружки прості за конструкцією та зручні в обслуговуванні. До недоліків варто

віднести складність підтримки необхідного температурного режиму, сильне перемішування та подрібнювання стружки.

Обладнання для рідинної екстракції

Основною умовою для проведення процесу рідинної екстракції є якісне змішування рідких фаз (сировини та екстрагента), з метою збільшення поверхні контакту фаз.

В апаратах періодичної дії змішування проводять за допомогою пропелерних або турбінних мішалок.

У безперервних апаратах використовують спеціальні пристосування для інтенсивного змішування рідин, які контактують між собою (сировини та екстрагента).

Після переходу компонента в екстрагент його вилучають різними способами – відстоюванням, центрифугуванням, перегонкою і ректифікацією. Тому часто для проведення рідинної екстракції використовують два апарати – змішувач і роздільник (відстійник, центрифуга, перегонний апарат).

Розпилювальний колонний екстрактор зображений на рисунку 7.82. У ньому легка фаза (екстрагент) подається знизу через розпилювальний пристрій 2. Важка фаза подається в колону 1 зверху 2 і опускається вниз. Водночас фази перемішуються, необхідний компонент переходить із важкої фази в легку (екстрагент). Отриманий *екстракт* видаляється зверху, а важка фаза (рафінат) – знизу. Сифонний пристрій 3 забезпечує плавне безперервне видалення важкої фази і запобігає втраті екстрагента з рафінатом.

Насадковий колонний екстрактор (рисунок 7.83). У цьому екстракторі на ситі розміщений шар насадок 4. Насадки – це тіла певної, добре обтічної форми. Найбільше часто виготовляються у вигляді порцелянових кілець однакової висоти і діаметра. Завдяки насадкам забезпечується більша поверхня контакту фаз між рідинами.

Тарілчастий колонний екстрактор (рисунок 7.84). У тарілчастих екстракторах по висоті розташовані перфоровані (сітчасті) тарілки 2, які сполучаються між собою переливними трубками 3. Одна з контактних рідин, що проходить через отвори

тарілок, диспергується, чим створюється більша поверхня контакту з зустрічною рідиною, що протікає по переливних трубках у вигляді суцільної фази.

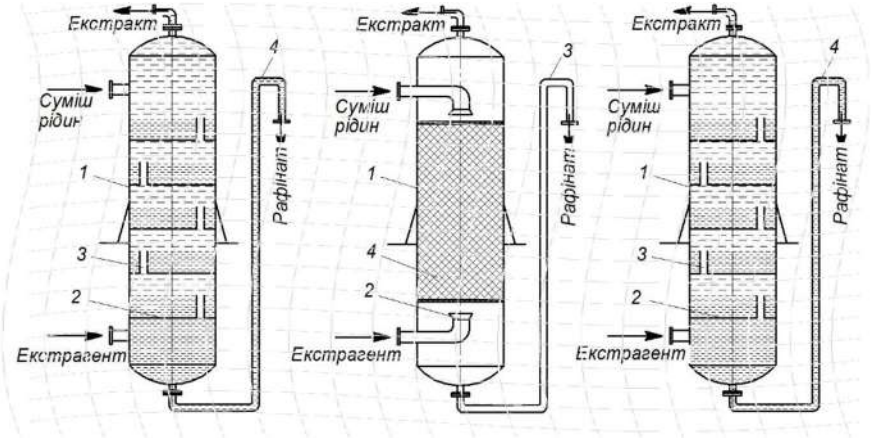


Рисунок 7.82. Розпилювальний колонний екстрактор:
1 – колона;
2 – розпилювач;
3 – сифонний пристрій

Рисунок 7.83. Насадковий колонний екстрактор:
1 – колона;
2 – розпилювач;
3 – сифонний пристрій;
4 – шар насадок

Рисунок 7.84. Тарілчастий колонний екстрактор:
1 – колона;
2 – тарілка;
3 – переливна труба;
4 – сифонний пристрій

Крім зазначених типів колонних апаратів, використають та інші. Наприклад, у колоні встановлюють перемішувальні пристрої у вигляді пропелерних мішалок.

Виготовляють екстракційні колони комбінованого типу – з шарами насадок і пропелерними мішалками, що чергуються по висоті колони, та інші.

7.4.2. Обладнання для проведення сорбційних процесів

У харчовій промисловості сорбційні процеси застосовуються для вилучення цінних компонентів з газових сумішей, а також для очищення різних газових систем від шкідливих домішок.

Процес сорбції – це поглинання яким-небудь тілом газів, пари або розчинених речовин з навколишнього середовища.

Розрізняються такі види сорбції:

- *Абсорбція* – процес поглинання газу в об'ємі рідкого поглинача з утворенням розчину.
- *Адсорбція* – поглинання поверхнею твердого тіла компонентів з газу або рідини.
- *Хемосорбція* – поглинання газу, коли відбувається хімічна взаємодія між поглиначем і газом. Цей процес використається в цукровому виробництві.
- *Десорбція* – процес виділення речовини, що поглинена рідиною або твердим тілом, з метою його подальшого використання. Цей процес використовується також для регенерації поглиначів (сорбентів).

Поглинальна рідина називається *абсорбент.* Як абсорбент найбільше часто використають воду, водяні розчини солей, кислот, спирту.

Наприклад: абсорбція сірчистого газу водою з утворенням розчину сірчистої кислоти. Цей процес застосовується у виробництві кукурудзяного крохмалю.

У спиртовому виробництві абсорбція використається для промивання газів водою для вловлювання з них парів спирту.

У виробництві цукру абсорбцію використають для одержання сатураційного газу. Газ, що надходить із сатураційної печі, «промивають» водою, видаляючи сторонні домішки: діоксиду азоту, сірки, хлориди лужних металів, смолисті речовини.

До абсорбційних процесів відноситься *сатурація* – процес штучного насичення води вуглекислим газом. Вуглекислий газ під час взаємодії з водою утворює водний розчин. Процес використається у виробництві газованих напоїв.

Поглинаюче тверде тіло називається *адсорбент*. Поверхня адсорбенту має бути досить велика.

Як адсорбенти використаються пористі речовини, які мають велику питому поверхню. Найпоширеніші: активоване вугілля

(рослинного або тваринного походження), целюлозна маса, кізельгур, силікагель (зневоднений гель кремнієвої кислоти), глини, активовані сірчаною кислотою.

Активоване вугілля використовують у лікеро-горілчаній промисловості для очищення водно-спиртових розчинів, у цукровій промисловості для знебарвлення цукрових сиропів. З тією же метою в крохмалепатоковому виробництві використають кісткове вугілля. Целюлозна маса використається для знебарвлення пива, її адсорбційна здатність у десятки разів менше активованого вугілля.

Адсорбція також використається для освітлення пива і фруктових соків, знебарвлення цукрових розчинів, регулювання складу газових середовищ під час зберігання овочів і фруктів.

Сполучення сорбції з десорбцією дозволяє багаторазово використовувати поглинач і виділяти сорбційний компонент у чистому виді.

Процеси десорбції здійснюються нагріванням сорбентів, зниженням загального тиску в системі або їхнього парціального тиску, пропуском через сорбенти інертних газів або рідин, які витісняють сорбіти.

Іонний обмін – один з видів сорбції, розповсюджений у природі, який отримав поширення в багатьох галузях харчової промисловості для пом'якшення води, готування безалкогольних і алкогольних напоїв, очищення соків і сиропів, видалення іонів заліза та кальцію, що погіршують смакові якості вин, для очищення молока від іонів кальцію.

Механізм іонного процесу заснований на тому, що на границі розділу твердого тіла та рідини в багатьох випадках утворюється подвійний електричний шар: поверхня твердого тіла має один електричний заряд, а іони другої фази мають протилежний заряд.

Іони зовнішнього шару утримуються на поверхні розділу головним чином електричними силами. Ці іони мають певну рухливість, завдяки чому можуть обмінюватися з іонами того ж знаку, що перебувають у середовищі (рідині або газі), тобто тверді тіла (іоніти) здобувають можливість поглинати іони із середовища.

Як природні іоніти використають цеоліти, глинисті матеріали, апатити, целюлозу, крохмаль, бавовну й інше, однак вони мають малу ємність обміну.

Синтетичні іоніти (смоли) відрізняються великою ємністю обміну, механічною міцністю, нерозчинні у воді та агресивних середовищах, здатні до регенерації.

Апарати, призначені для проведення абсорбційних процесів, називаються абсорберами. Сучасні абсорбери можна класифікувати в такий спосіб:

- поверхневі;
- плівкові (каскадні, трубчасті, насадкові);
- барботажні (тарілчасті);
- розпилювальні;
- механічні.

У *поверхневих* абсорберах газ контактує тільки по поверхні рідини.

У *плівкових* – контакт газу відбувається з тонкою плівкою рідини, що стікає самоплином або рухається по насадках різної форми.

У *барботажних* абсорберах через шар рідини пропускаються пухирці газу.

У *розпилювальних* абсорберах газ контактує із крапельками розпиленої рідини.

Найпоширеніші в харчовій промисловості насадкові та тарілчасті абсорбери.

Поверхневі абсорбери, у яких газ проходить над поверхнею нерухомої або рідини, яка повільно рухається, контактуючи лише на її поверхні. Величина поверхні контакту незначна, тому поверхневі абсорбери застосовують у невеликих виробництвах. Вони використовуються в основному для абсорбції добре розчинних компонентів з невеликих об'ємів газу з одночасним відведенням тепла.

Поверхневий абсорбер (рисунок 7.86), складається з ряду горизонтальних труб, які зрошуються зовні водою. Контакт між газом і водою відбувається на поверхні труб.

Плівкові абсорбери, у яких газ і рідина стикаються на поверхні проточної рідкої плівки. Течія плівки відбувається по вертикальних поверхнях – трубах або пластинах.

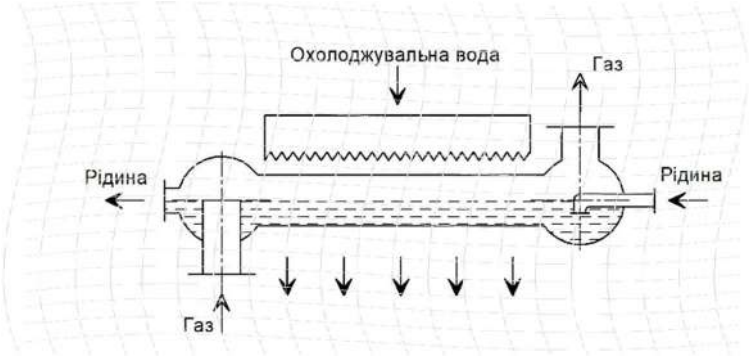


Рисунок 7.86. Зрошувальний поверхневий абсорбер із водяним охолодженням

Каскадні плівкові абсорбери, у яких газ контактує з рідиною, що стікає у вигляді тонкої плівки з полиці на полицю (рисунок 7.87).

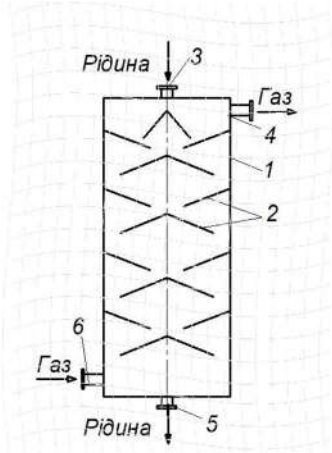


Рисунок 7.87. Каскадний плівковий абсорбер:
1 – корпус;
2 – полички;
3 – патрубок для подачі абсорбуючої рідини;
4 – патрубок для відведення газу;
5 – патрубок для відведення рідини;
6 – патрубок для подавання газу.

На нижніх краях плівка переривається й у вигляді каскаду крапель та потоків стікає на розташовані нижче поверхні, де знову формується плівка рідини. Періодичне переривання плівкового потоку, утворення, падіння і руйнування крапель та потоків сприяють перемішуванню поверхневих шарів рідини (відновленню поверхні контакту) та прискорюють абсорбцію.

Такі апарати прості за конструкцією, з низьким гідравлічним опором.

Трубчасті плівкові абсорбери виконують у вигляді кожухотрубних теплообмінників (рисунок 7.88), які складаються з вертикального пучка труб 1, закріплених у трубних решітках 2. Рідина рухається у вигляді плівки по внутрішній поверхні труби, контактуючи з газом.

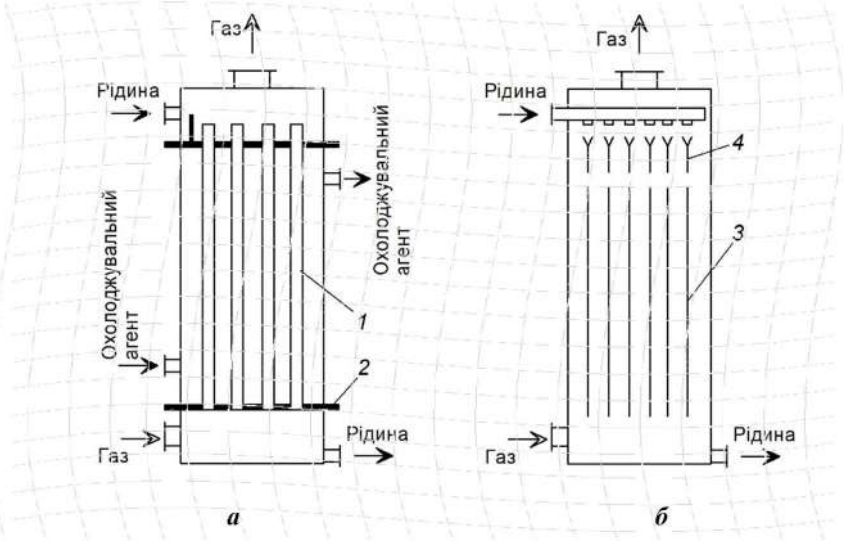


Рисунок 7.88. Плівкові абсорбери:
а – трубчастий; б – з листовою насадкою:
1 – труби; 2 – трубна решітка; 3 – пластини; 4 – розподільний пристрій.

У міжтрубному просторі абсорбера рухається охолоджувальна рідина для відведення теплоти, що виділяється під час абсорбції.

Плівковий абсорбер з листовою насадкою (рисунок 7.88*б)* - це колона з насадкою у вигляді вертикальних пластин *3* із твердого матеріалу (метал, дерево, пластичні маси) або натягнутих полотнищ із тканини. Рідина (абсорбент) стікає тонкою плівкою по пластинах, контактує з газом, вилучаючи необхідний компонент.

Абсорбери з висхідним рухом плівки. За високих швидкостей (10–40 м/с) газ, що рухається нагору по трубах, захоплює рідку плівку в напрямку свого руху.

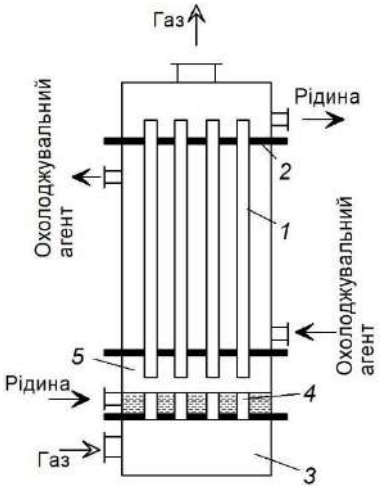


Рисунок 7.8. Абсорбер з висхідним рухом плівки:
1 – труби;
2 – трубні решітки;
3 – камера;
4 – патрубки;
5 – щілини.

Схема абсорбера з висхідним рухом плівки показана на рисунку 7.89. Абсорбер складається з пучка труб 1, закріплених у трубних решітках 2. Газ підводиться із камери 3 через патрубки 4, співвісні із трубами 1.

Між патрубками і трубами залишені щілини 5, через які рідина надходить у труби 1. Рідина захоплюється газом і тече у вигляді плівки по внутрішній поверхні цих труб знизу нагору. Після виходу із труб рідина зливається на верхні трубні решітки та виводиться з апарата. Якщо буде необхідність відведення теплоти в міжтрубному простору пропускають охолоджувальну рідину.

Насадкові плівкові абсорбери – це колони, завантажені насадками з тіл різної форми (кільця, кусковий матеріал, дерев'яні решітки тощо). Контакт газу з рідиною відбувається в основному на змоченій поверхні насадки. Поверхня насадок велика і тому в невеликих об’ємах можна створити значні поверхні масопередачі.

Потік рідини поверхнею насадок носить в основному плівковий характер. Але між насадковими та плівковими абсорберами, у тому числі абсорберами з листовою насадкою, є відмінність. У плівкових абсорберах плівковий потік рідини відбувається на всій висоті апарата, а в насадковому – лише на висоті елемента насадки. Із перетіканням рідини з одного елемента насадки на інший плівка руйнується і знову утвориться на елементі, який лежить нижче. Потік рідини в насадкових абсорберах може порушуватися, і контакт між газом і рідиною здійснюється в режимі барботажу.

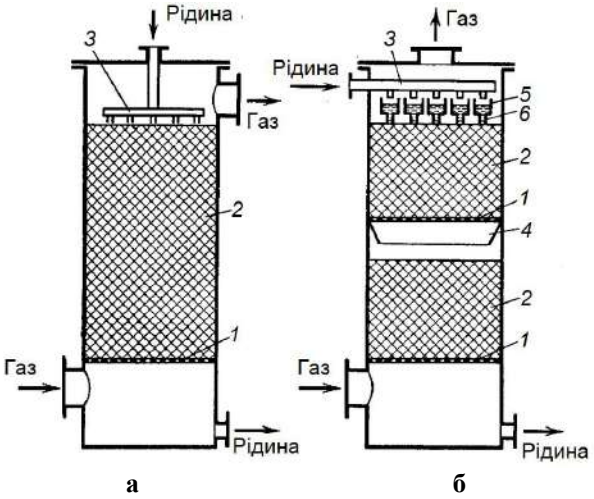


Рисунок 7.90. Насадкові абсорбери:
а – із суцільним завантаженням насадки;
б – з пошаровим завантаженням насадки;
1 – підтримувальна решітка; 2 – насадка; 3 – пристрій для розподілу рідини; 4 – перерозподільник; 5 – жолоб; 6 – патрубок.

Насадковий абсорбер (рисунок 7.90) складається з колони, у якій розміщено підтримуюча решітка 1 з шаром насадок 2. Рідина подається на насадку з розподільного пристрою 3. В абсорбері (рисунок 7.90а) насадка розташована суцільним шаром по всій висоті. Іноді насадку укладають декількома шарами, встановлюючи під кожним шаром решітки (рисунок 7.90 б). Іноді для пошарового укладання насадок між окремими шарами встановлюють пристрій 4 для перерозподілу рідини.

Сатуратори – насадкові абсорбери, які використаються у виробництві газованих напоїв для насичення води вуглекислим газом. Насичення води газом відбувається в сатураційній колоні 2 *(рисунок 7.91)*. У верхній частині колони на решітці розташований шар насадок, на поверхні яких контактують вода і газ.

Тиск в колонці – 0,4–0,7 МПа. Вода в центральній трубі перемішується з діоксидом вуглецю за допомогою сітчастих перегородок, і надходить у верхній простір, потім стікає тонким шаром по насадках назустріч вуглекислому газу.

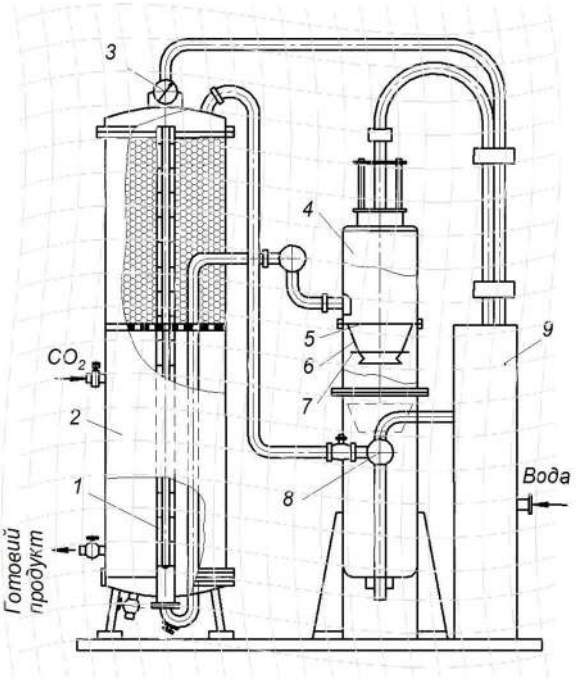


Рисунок 7.91. Сатуратор:
1 – центральна труба; 2 – колона насичення; 3 – манометр;
4 – деаераційна колона; 5 – діафрагма; 6 – похилий патрубок;
7 – конічна воронка з тарілкою; 8 – ежектор; 9 – насос.

Діоксид вуглецю надходить у колону нижче шару насадок через барботер. У нижній частині колони збирається газована вода.

Вода перед надходженням у колону насичення звільняється від повітря в деаераційній колоні 4. Колона розділена на 3 секції, між якими змонтовані розділювальні конуси. У кожному конусі на діафрагмі *5* розміщений похилий патрубок 6, вставлений нижнім кінцем у конічну воронку 7 з тарілкою.

Вода подається в деаератор через ежектор *8*, розпилюється і насичується вуглекислим газом, що надходить із верхньої частини сатураційної колони. Стікаючи, вода заповнює деаератор, доходить до тарілки, і піднімається по похилому патрубку нагору. Водночас виділяється нерозчинений вуглекислий газ, заповнюючи простір під діафрагмою, і створює навколо похилого патрубка подушку.

Внаслідок цього з води виділяється повітря, що заповнює простір під діафрагмою. Наступні порції повітря створюють тиск і знижують рівень води на тарілці доти, поки не відкриється вихід газоповітряній суміші в похилий патрубок через його верхній край.

Тарілка збільшує поверхню води, з якої виділяють повітря і направляє її від периферії до центра. Процес виділення повітря повторюється на верхній тарілці.

Накопичена у верхній частині колони газоповітряна суміш періодично випускається через клапан.

Абсорбційні колони із псевдорозрідженим шаром

Процеси в адсорбційних насадкових колонах можуть бути значно інтенсифіковані, якщо насадки будуть приведені у зважений стан, тобто в стан псевдорозрідження.

На рисунку 7.92 представлено схему адсорбера, що складається з корпуса 1 із псевдозрідженим шаром насадок 2 у вигляді куль, розміщених на решітці 3. Зверху встановлена решітка 4, що обмежує підйом куль. Розріджувальним агентом є турбулентний потік газу або рідини. Легкі насадкові тіла приводяться потоком газу у зважений (псевдорозріджений) стан.

Рисунок 7.92. Абсорбер із псевдорозрідженим шаром насадки:
1 – корпус;
2 – насадка (кулі);
3 – опорна решітка;
4 – обмежуюча решітка;
5 – патрубок для відведення газу;
6 – патрубок для підведення рідини;
7 – патрубок для підведення газу;
8 – патрубок для виходу розчину

Положення шару куль фіксується нижньої (опорної) і верхньої (обмежуючої) решітками. Нижня решітка призначена для підтримування насадки, верхня перешкоджає віднесенню насадки з апарата, а також є опорною решіткою для верхньої секції (в апаратах з декількома секціями). Таких сітчастих тарілок може бути декілька (рисунок 7.93).

Перевага цього типу абсорберів – самоочищення отворів тарілки під час ударів насадок. Вони використовуються, коли під час абсорбування відбувається хімічна реакція, а осад з утворених речовин забиває отвори тарілок.

Абсорбери з псевдорозрідженим шаром насадки мають високий коефіцієнт корисної дії.

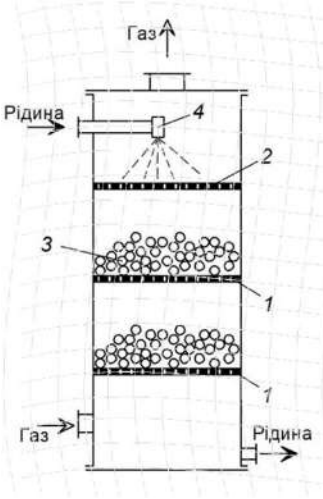


Рисунок 7.93.
Абсорбер із плаваючою насадкою:
1 – решітка; 2 – обмежувальна решітка;
3 – насадки (кулі); 4 – розпилювач

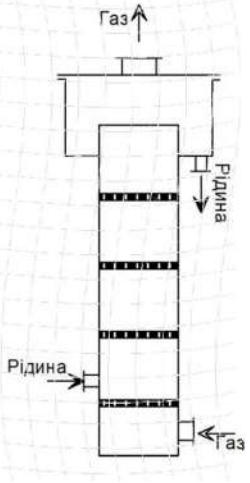


Рисунок 7.94. Барботажний абсорбер із сітчастими тарілками

Барботажні тарілчасті абсорбери

Барботаж – це процес пропущення газу або пари через шар рідини. Газ продавлюється через шар рідини за допомогою труб із дрібними отворами (3–6 мм), сітчастих або ковпачкових тарілок абсорберів і ректифікаційних колон.

Під час барботування створюється більша міжфазна поверхня на границі «рідина-газ», що сприяє інтенсифікації тепло- і масообмінних процесів, а також більш повній хімічній взаємодії газів з рідинами. У тарільчастих барботажних абсорберах частіше застосовуються ковпачкові або сітчасті тарілки.

Барботажні абсорбери тарілчастого типу виконують у вигляді колон круглого (іноді прямокутного) перерізу (рисунок 7.94), по висоті яких розташовані тієї або іншої конструкції тарілки. Газ надходить у нижню частину колони, проходить через шар рідини на перфорованих перегородках і виходить зверху, рідина надходить зверху і виходить знизу. На кожній тарілці, залежно від її конструкції, може здійснюватися той або інший вид руху фаз, звичайно перехресний потік або повне перемішування рідини.

Розпилювальні абсорбери. У розпилювальних абсорберах тісний контакт між фазами досягається шляхом розбризкування рідини спеціальними соплами або насадками. Через простір, заповнений бризками рідини, пропускається газ. Процес може проходити в колоні з розпилювальним пристроєм для рідини у верхній частині та введенням газу в нижню частину (рисунок 7.95).

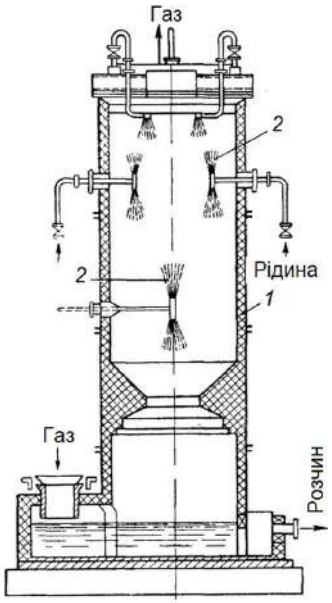


Рисунок 7.95. Розпилювальний абсорбер:
1 – корпус;
2 – форсунки.

Абсорбери з механічним перемішуванням рідини – це посудини з мішалками, у яких газ барботується через шар рідини, що перемішується. Механічне перемішування підвищує швидкість масопередачі за рахунок подрібнення пухирців газу і збільшення поверхні контакту фаз.

Такі абсорбери використовують за невеликих співвідношень газ – рідина, а також, якщо в рідині присутня дрібна тверда речовина у зваженому стані. Їх використовують також, коли необхідно значний час перебування рідини в апараті під час протікання хімічних реакцій.

Частіше застосовують турбінні мішалки, що створюють радіальний потік рідини. Щоб уникнути утворення воронки під час перемішування, біля стінок посудини розташовують відбивні перегородки. Газ подають під мішалку через центральну трубу**,** перфороване трубчасте кільце, порожнистий вал, а іноді через пористу перегородку або перфорований лист.

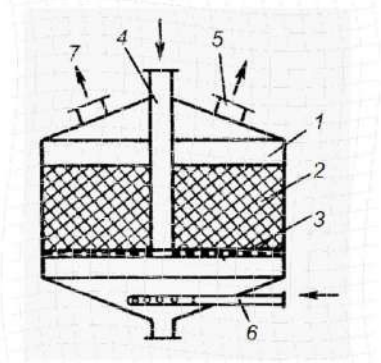


Рисунок 7.96.
Вертикальний адсорбер:
1 – корпус; 2 – шар адсорбенту; 3 – решітка;
4 – вхід вихідної суміші;
5 – вихід інертного і есорбувального потоків;
6 – вхід перегрітої водяної пари;
7 – вихід парової суміші.

Адсорбери класифікують за декількома ознаками:

– за характером роботи: безперервної та періодичної дії;

– за станом адсорбенту: з рухомим зваженим адсорбентом і з нерухомим адсорбентом;

– за агрегатним станом середовища: для адсорбції з газової фази і рідкої фази;

– за конструкцією адсорбера: колонного типу (адсорбери безперервної дії), фільтрпреси, мішалки (адсорбери періодичної дії)

Найпростіша конструкція **адсорбера періодичної дії** – це вертикальний циліндр (рисунок 7.96) з опорними решітками, покритими густою сіткою або пористими керамічними плитами.

Газова суміш, яка надходить на розділення, проходить через шар адсорбенту, що лежить на решітці, знизу верх**.** У апаратах передбачені штуцери для входу і виходу

вихідної та очищеної сумішей, використовуються також для входу і виходу десорбента. У випадках, коли десорбція проводиться перегрітою водяною парою, для її входу і виходу його передбачені окремі штуцери.

Кільцевий адсорбер. Може використовуватися як для очищення газових сумішей, так і води.

Схема кільцевого адсорбера показана на рисунку 7.97. Газ або рідина, що **підлягають** очищенню, подаються через штуцер 4 у зовнішню частину адсорбера, проходять через кільцевий шар адсорбенту, що перебуває між внутрішньою 7 і зовнішньою 6 циліндричними решітками, і виводиться через штуцер 4.

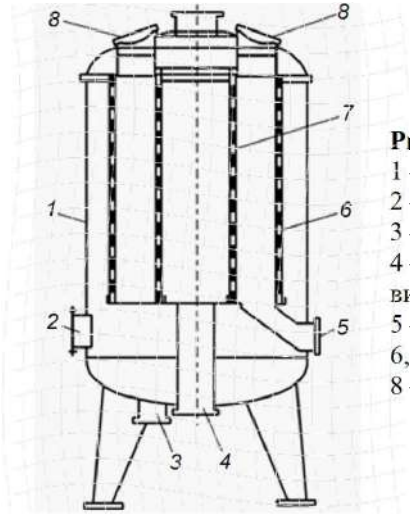


Рисунок 7.97. Кільцевий адсорбер:
1 – корпус;
2 – штуцер подачі газу або рідини;
3 – штуцер виведення десорбенту;
4 – штуцер подачі десорбенту та виведення очищеного газу;
5 – люк вивантаження сорбенту;
6, 7 – кільцеві решітки;
8 – люк подачі сорбенту.

Після повного насичення адсорбенту (наприклад, активованого вугілля) проводять його десорбцію. Десорбент (водяна пара) подається через штуцер 4, а парогазова суміш видаляється через штуцер 3. Завантаження адсорбенту проводиться через люки 8, а його вивантаження після повного насичення – через люк 5.

Адсорбер безперервної дії. В ньому адсорбент безупинно рухається в замкнутому циклі, проходячи послідовно через апарати для адсорбції, нагрівання, десорбції та охолодження адсорбенту. На рисунку 7.98 показана схема адсорбційної установки безперервної дії із шаром рухомого адсорбенту.

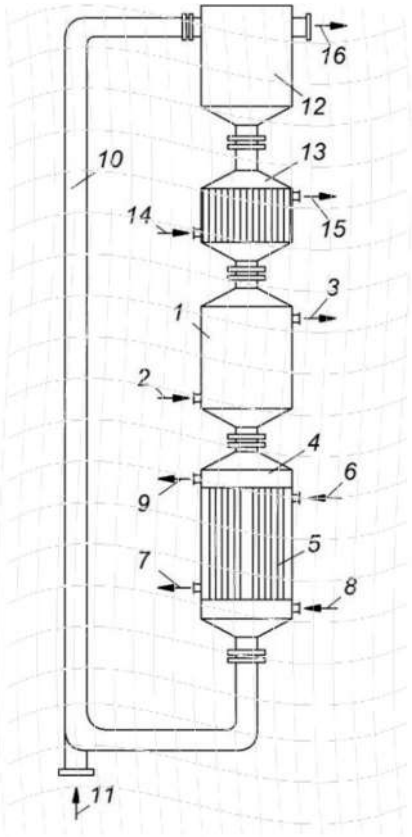


Рисунок 7.98. Адсорбційна установка безперервної дії:
1 – адсорбер;
2,3 – вхід вихідної та вихід очищеної сумішей;
4 – десорбер;
5 – поверхня нагрівання десорбера;
6,7 – вхід і вихід теплоносія;
8, 9 – вхід суміші для десорбції і вихід пари після десорбції;
10 – пневмотранспортувальна труба;
11 – вхід транспортувального газу;
12 – бункер;
13 – холодильник адсорбенту;
14, 15 – вхід і вихід охолоджуючого агенту;
16 – вихід транспортувального газу.

Адсорбент рухається в адсорбері вниз назустріч потоку суміші для розділення, проходить через десорбер, обладнаний поверхнею нагрівання. **Далі** адсорбент подається пневмотранспортом у бункер, а звідти через холодильник повертається в адсорбер. У ряді випадків пневмотранспорт заміняють ковшовим елеваторами і гвинтовими підйомниками. Адсорбер являє собою вертикальну циліндричну колону, іноді обладнану декількома провальними колосниковими решітками з метою впорядкування зустрічних потоків газової та твердої фаз.

Апарати для адсорбційного очищення води і водяних розчинів

Перевагою адсорбційного оброблення води є: високий ступінь очищення, відсутність відходів і забруднень на самій установці, стабільність ступеня очищення непостійних у часі рівнях забруднення, економічність, пов'язана з багато- разовим використанням сорбенту.

Під час адсорбції органічних речовин застосовують такі сорбенти, як активоване вугілля; подрібнені органічні матеріали: вугілля, кокс, сорбенти на основі целюлози і гуми, синтетичні полімери. Інші сорбенти, наприклад, глини, силікагелі, під час адсорбції органічних речовин малоефективні та використаються для видалення з води неорганічних речовин, які перебувають в іонній формі.

Адсорбенти використаються у вигляді порошку або гранул.

Відпрацьований адсорбент регенерують або утилізують.

Під час одноступінчастого очищення воду змішують зі свіжим вугіллям, перемішують у змішувачі, і відокремлюють вугілля.

Під час двоступінчастого очищення воду спочатку очищують частково відпрацьованим вугіллям, а тонке очищення проводять свіжим вугіллям. Ступінь очищення за такого способу вище.

Адсорбер з нерухомим шаром сорбенту використовують для очищення води (рисунок 7.99). Зазвичай одночасно працюють кілька адсорберів, у яких протікає певна стадія процесу. Адсорбери працюють періодично, а очищення води відбувається безперервно. Зважені речовини, затримані у верхніх шарах адсорбенту, періодично видаляють рід час промивання водою через шар вугілля знизу вгору.

Більш економічною і продуктивною є схема роботи, коли з адсорбера періодично видаляється відпрацьована частина шару сорбенту із одночасним додаванням свіжого. Такий принцип роботи дозволяє використати лише один адсорбер, скорочуються витрати часу на відключення і пуск адсорбера (продувка, сушіння).

Безперервне адсорбційне очищення проводять у схемах з шаром сорбенту, що рухається, або з псевдорозрідженим шаром.

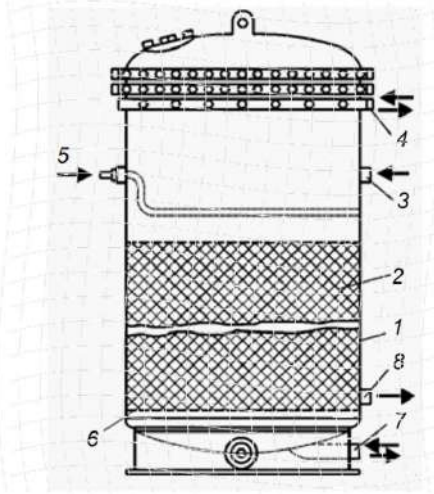


Рисунок 7.99. Адсорбер з нерухомим шаром активованого вугілля:
1 – корпус;
2 – шар адсорбенту;
3 – люк для завантаження вугілля;
4 – штуцер подачі води на очищення;
5 – штуцер подачі води для поверхневого промивання;
6 – решітка;
7 – штуцер для відведення очищеної води і подачі промивної води;
8 – люк для вивантаження відпрацьованого сорбенту.

Сорбційна установка безперервної дії (рисунок 7.100) із псевдорозрідженим шаром активованого вугілля оснащена виносним ущільнювачем вугілля 1 із примусовим відсмоктуванням адсорбенту.

Вода і адсорбент подаються у вигляді суспензії по центральній трубі *2* через дифузор *5*. Пройшовши через решітки *4*, вода контактує зі зваженим шаром вугілля. Очищену воду відводять через трубу *3*.

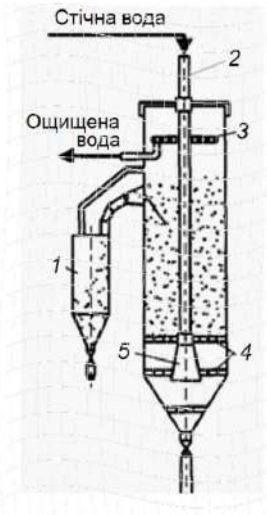


Рисунок 7.100. Адсорбер з псевдорозрідженим шаром активованого вугілля:
1 – винесений ущільнювач;
2 – центральна труба;
3 – перфорована кільцева труба;
4 – розподільчі решітки;
5 – дифузор.

Іонні реактори призначені для оброблення харчових продуктів іонітами, а саме твердими тілами природного походження: цеоліти, целюлоза, крохмаль та синтетичні смоли. Реактор (рисунок 7.101) для очищення патокових і глюкозних сиропів у крохмале-патоковій промисловості – це вертикальна циліндрична посудина 1 зі сферичними кришкою і днищем, об'ємом до 8 м^3. У нижній частині реактора встановлена решітка 2. На решітку засипають шар великого 4 і дрібного 5 кварцевого піску, а потім – шар іоніту 6. Над смолою є вільний об'єм, що забезпечує якісне промивання під час регенерації та не допускає винесення зерен.

На очищення сироп надходить через розподільний пристрій 7, очищений сироп збирається в приймачі 8 і виходить через штуцер 10.

Гранули смоли в процесі використання руйнуються і вимиваються під час регенерації, тому в реактор періодично додають свіжу смолу.

Іоніти залежно від характеристик масообміну розподіляються на катіоніти й аніоніти. Регенерація катіонітів відбувається за допомогою слабких розчинів мінеральних кислот і солей; аніонітів – розчинами лугів або аміаку з наступним обробленням водою.

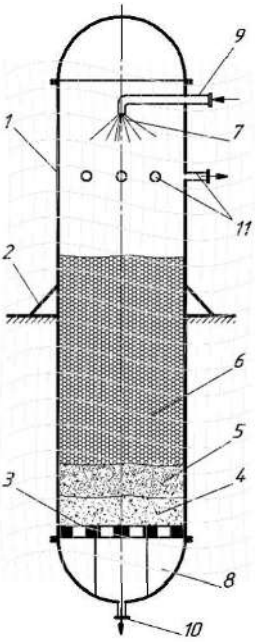


Рисунок 7.101. Іонний реактор:
1 – корпус;
2 – опори;
3 – решітка;
4, 5 – крупно і дрібнозернисті шари кварцового піску;
6 – іоніт;
7 – розподільчий пристрій;
8 – приймач.
Патрубки:
9 – подачі сиропу;
10 – виходу очищеного сиропу;
11 – вихід розчину після регенерації.

7.4.3. Обладнання для розчинення сировини

Процеси розчинення в багатьох випадках є супутніми під час проведення інших масообмінних і теплових процесів. Вони мають місце під час сорбції, ректифікації, варінні, екстракції.

Розчинення твердих тіл відноситься до процесів з фіксованою поверхнею фаз, тому що завжди є виражена границя розділення між рідиною і твердою речовиною.

Процес розчинення твердих речовин у рідинах складається із трьох стадій: перенесення молекул розчинника з об'єму рідкої фази до поверхні твердого тіла; перехід молекул твердого тіла в рідину; перенесення молекул від поверхні твердого тіла в об'єм рідини.

Для інтенсифікації процесу розчинення необхідно подрібнювати тверду речовину для збільшення поверхні контакту з рідиною. Підвищення температури в багатьох випадках прискорює процес розчинення твердої речовини.

Чим вище відносний рух часток у рідині, тим вище швидкість розчинення.

Кількість розчиненої речовини буде збільшуватися зі збільшенням тривалості процесу, однак, у меншій мірі, ніж підвищення відносного руху часток і рідини. Збільшення різниці концентрацій також сприяє масоперенесенню.

У харчовій промисловості для розчинення сировини використовується устаткування різне за своєю конструкцією.

Широкого поширення набули апарати періодичної дії, що представляють собою посудину, як правило, з лопатевою мішалкою і подвійною стінкою (сорочкою) для нагрівання маси. Прикладом такого розчинника може бути цукрожиророзчинник Х-15 (рисунок 5.13), який застосовується у хлібопекарському виробництві.

Установка для зберігання та приготування сольового розчину застосовується у хлібопекарській промисловості для приймання солі з автосамоскидів і зберігання її в розчиненому стані.

Це бетонний бункер прямокутної форми розташований у заглибленні (рисунок 7.102).

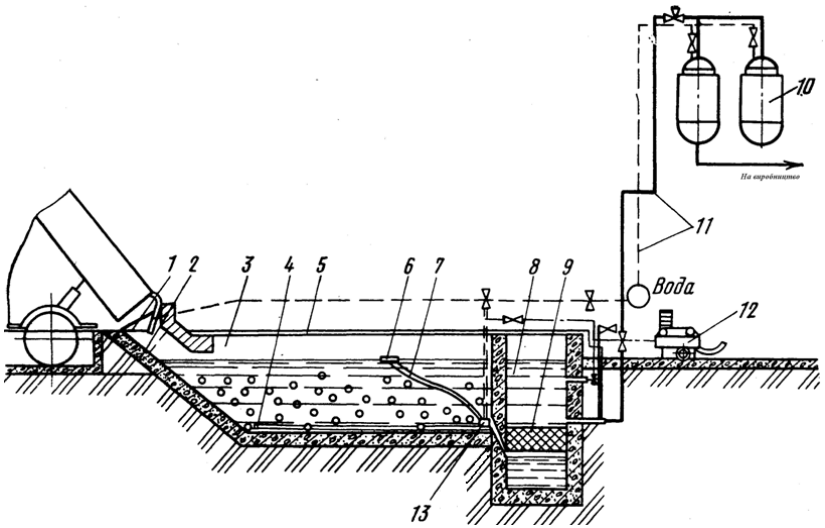


Рисунок 7.23. Установка для зберігання солі та готування очищеного сольового розчину:

1 – приймальна воронка; 2 – решітка; 3 – залізобетонна ємність; 4 – барботер; 5 – щити; 6 – плаваючий приймальний пристрій; 7 – шланг; 8 – ємність для очищеного сольового розчину; 9 – фільтр; 10 – витратні резервуари; 11 – трубопроводи; 12 – компресор; 13 – зливальний клапан.

Приймальна воронка бункера розташована на рівні підлоги, виступає за зовнішню стінку заводу на 60 см і має ширину на 300 мм більше ширини кузова автосамоскиду.

Для запобігання попадання сторонніх предметів приймальна воронка обладнана решіткою та кришкою. У нижній частині бункера розміщено перфорований трубопровід з нержавіючої сталі (барботер) на висоті 200 мм від днища для подавання води. Бункер обладнаний фільтром і ємністю для очищеного насиченого сольового розчину.

Принцип дії установки полягає в наступному. У залізобетонний бункер 3 з автосамоскиду через приймальну воронку 1 завантажується сіль.

Вода в бункер подається через барботер 4 доти, доки не заповнить ємність вище рівня солі. Проходячи через шар солі, вода насичується. Насичений розчин плаваючим пристроєм 6 відбирається і через зливальний клапан 13 надходить під фільтр 9, де відстоюється і, проходячи через фільтр, попадає в ємність для

очищеного сольового розчину 8. Потім сольовий розчин монжусом подається у витратні резервуари 10 на виробництво.

Апарат для розчинення (відновлення) сухих молочних продуктів складається із двох послідовно з'єднаних циліндрів різного діаметра, у яких розміщений вал мішалки 1 з лопатками.

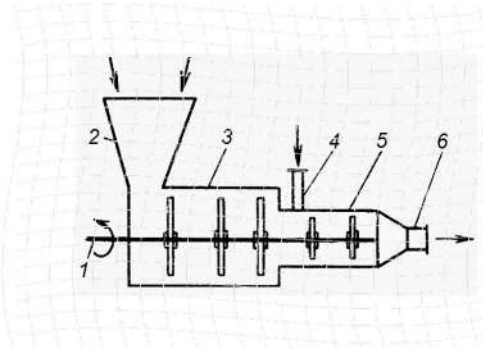


Рисунок 7.103. Апарат для відновлення сухих молочних продуктів
1 – вал мішалки;
2 – завантажу вальний бункер;
3 – перший циліндр;
4 – патрубок для подачі води;
5 – другий циліндр;
6 – патрубок для виходу відновленого молока.

Апарат обладнаний завантажувальним бункером 2, патрубками для подачі води 4 і виходу відновленого молока 6.

Сухе молоко і вода надходять у завантажувальний бункер 2, з якого вони попадають у перший циліндр 3. У результаті інтенсивного перемішування відбувається рівномірний розподіл часток сухого молока у воді, їхнє набрякання і розчинення.

Далі продукт переходить у другий циліндр 5, куди подається додаткова кількість води для відновлення молока з необхідним вмістом сухих речовин. Процес розчинення завершується, готовий продукт виходить із апарату і подається на подальше перероблення.

Питання для самоперевірки

1. Класифікація обладнання для проведення теплових і масообмінних процесів. Наведіть приклади для кожної групи обладнання.
2. Способи передачі теплоти. Наведіть приклади.
3. Основні вимоги до теплообмінного обладнання.
4. Наведіть приклади теплообмінних апаратів рекуперативного, регенеративного і змішувального типів.
5. Як класифікують теплообмінні апарати?
6. Схема одноходового та багатоходового кожухотрубного апарату. Приклади застосування.
7. Способи кріплення труб у трубних решітках.
8. Як компенсується зміна розмірів апарату під час теплового розширення?
9. Конструкція апарату з U-подібними трубками.
10. Теплообмінний апарату напівжорсткої конструкціїнапівжорсткої конструкції.
11. Компенсатори температурних деформацій у теплообмінниках.
12. Схеми секційних апаратів типу «труба в трубі».
13. Схема змієвикового теплообмінника. Приклади застосування.
14. Схема пластинчастого теплообмінника. Приклади застосування. Як розподіляється рух продукту між пластинами? Яка роль ребер на пластинах?
15. Схема спірального теплообмінника.
16. Схема нагрівального апарату інжекційного типу. Приклади застосування.
17. Схема пароконтактних нагрівачів інфузійного типу. Приклади застосування.
18. Схема оболонкового теплообмінного апарату. Приклади застосування.
19. Типи конденсаторів. Приклади застосування конденсаторів.
20. Конструкція конденсатора поверхневого типу.
21. Конструкція конденсаторів змішування.
22. Конструкція барометричного конденсатора. Приклади застосування.
23. Схема комбінованого апарату для охолодження парів спирту. Його місце у лінії виробництва спирту.

24. Поясніть суть операцій бланшування і ошпарювання. Наведіть приклади.
25. Конструкція стрічкового апарату для бланшування.
26. Конструкція шнекового ошпарювального апарату.
27. Конструкція закритого ошпарювального апарату.
28. Приклади застосування обладнання для варіння сировини у харчовій промисловості.
29. Конструкція змішувально-передрозварювальний апарат для підготовки замісу для виробництва спирту.
30. Схема варильної колони.
31. Схема трубчастого розварювального апарату.
32. Схема заторного апарату (для змішування (затирання) подрібненого солоду з водою, нагрівання та кип'ятіння заторної маси).
33. Приклади застосування обладнання для пастеризації та стерилізації харчової сировини. У чому різниця між пастеризацією та стерилізацією?
34. Схема вертикального автоклаву. Приклади застосування.
35. Схема горизонтального автоклаву. Приклади застосування.
36. Схема тунельного пастеризатора безперервної дії. Приклади застосування.
37. Схема інжекційного стерилізатора. Його переваги. Приклади застосування.
38. Які процеси відбуваються у тістовій заготовці під час випікання? Яка їх роль?
39. Основні елементи пічного агрегату.
40. Класифікація хлібопекарських печей за технологічною ознакою, площею поду, теплотехнічною ознакою, за типом пекарної камери, за конструкцією транспортувального пристрою.
41. Приклади констукцій тупікових печей із канальною системою обігрівання.
42. Схема печі із тунельною пекарною камерою та циклотермічною системою обігрівання.
43. Схема тунельної печі ППП.
44. Суть операцій обсмажування, обпалювання і запікання.
45. Конструкція жаровні.
46. Схема апарату для обсмажування кави.
47. Схема жаровні із електропідігріванням олії.

48. Схема ротаційної печі для запікання м’ясних хлібців, буженини та інших виробів без оболонки.
49. Приклади застосування обладнання для сушіння у харчовій промисловості.
50. Дайте визначення поняттям.
– Вологість матеріалу;
– Абсолютна вологість повітря;
– Відносна вологість повітря;
– Вологовміст.
51. Класифікація методів сушіння (конвективне, кондуктивне, у полі інфрачервоного випромінювання, у електричному полі, сублімаціне тощо). Наведіть приклади застосування.
52. Класифікація сушильних апаратів. Наведіть приклади.
53. Конструкція шафової сушарки. Приклади застосування.
54. Конструкція стрічкового сушильного апарат для макаронних виробів.
55. Конструкція барабанного сушильного апарату. Приклади застосування.
56. Конструкція сушильного апарату з віброкиплячим шаром продукту. Приклади застосування.
57. Конструкція аерофонтанного сушильного апарату з віброкиплячим шаром продукту. Приклади застосування.
58. Конструкція валкового сушильного апарату. Приклади застосування.
59. Конструкція вакуум-сушильного апарату з перемішувальним пристроєм. Приклади застосування.
60. Конструкція розпилювального сушильного апарату. Типи розпилювачів. Приклади застосування.
61. Схема сублімаційного сушильного апарату. Приклади застосування.
62. Схема інфрачервоного сушильного апарату. Приклади застосування.
63. Конструкція випарного апарату з центральною трубою. Приклади застосування.
64. Конструкція сферичного випарного апарату. Приклади застосування.
65. Конструкція змійовикового випарного апарату. Приклади застосування.

66. Конструкція уніфікованого циркуляційного апарату для цукрового виробництва.
67. Схема однокорпусної вакуум-випарної установки.
68. Схема багатокорпусної випарної установки із барометричним конденсатором.
69. Схема горизонтального кристалізатора.
70. У чому різниця між перегонкою та ректифікацією?
71. Що таке дефлегмація?
72. Конструкція апарату для простої перегонки.
73. Коснтрукція перегонного апарату з дефлегмаційним пристроєм у вигляді шолома.
74. Коснтрукція перегонний апарат з тарілчастим дефлегмаційним пристроєм.
75. Схема установки для одержання ефірних олій методом перегонки з водяною парою.
76. Схема ректифікаційної установки безперервної дії.
77. Конструкція ректифікаційна колона. Що відбувається у нижній (виснажній) та верхній (концентраційній) частині колони.
78. Конструкції контактних пристроїв ректифікаційних колон. Багатоковпачкова тарілка, сітчаста тарілка, решітчаста тарілка, лускоподібна тарілка, клапанна тарілки.
79. Схема насадкової ректифікаційної колони. Сфера застосування.
80. Схема плівкової ректифікаційної колони. Сфера застосування.
81. Приклади процесу екстрагування в системах "*тверде тіло – рідина*" і "*рідина – рідина*".
82. Класифікація обладнання для екстрагування за характером руху екстрагента і твердих частинок, за видом циркуляції, за тиском в екстракторі, за властивостями твердих частинок, за видом корпусу апарата, за видом транспортувального органу, за розташуванням корпусу апарата.
83. Конструкція перколятора.
84. Схема батареї перколяторів.
85. Схема екстрактора з киплячим шаром.
86. Схема екстрактора для одержання желатину.
87. Схема двоколонного шнекового екстрактора. Приклади застосування.
88. Схема екстрактора із пружними лопатями.
89. Схема екстрактора для виробництва розчинної кави.

90. Схема похилої двошнекової дифузійної установки.
91. Схема розпилювального колонного екстрактора.
92. Схема насадкового колонного екстрактора.
93. Схема тарілчастого колонного екстрактора.
94. Приклади застосування сорбційних процесів у харчовій промисловості.
95. Види сорбційних процесів.
96. Суть процесу іонного обміну.
97. Класифікація абсорберів.
98. Схема зрошувального поверхневого абсорбера із водяним охолодженням.
99. Схема каскадного плівкового абсорбера.
100. Схема плівкового абсорбера.
101. Схема абсорбера з висхідним рухом плівки.
102. Схема насадкового плівкового абсорбера.
103. Конструкція сатуратори для насичення напоїв вуглекислим газом.
104. Конструкція абсорбційні колон із псевдорозрідженим шаром насадки.
105. Схема абсорбера із плаваючою насадкою.
106. Схема барботажного абсорбера із сітчастими тарілками.
107. Схема розпилювального абсорбера.
108. Схема кільцевого адсорбера періодичної дії.
109. Схема адсорбційної установки безперервної дії.
110. Конструкції апаратів для адсорбційного очищення води і водяних розчинів. Адсорбер з нерухомим шаром активованого вугілля. Адсорбер безперервної дії з псевдорозрідженим шаром активованого вугілля.
111. Конструкції іонообмінних реакторів. Приклади застосування.
112. Схема установки для зберігання солі та готування очищеного сольового розчину.
113. Схема апарату для відновлення сухих молочних продуктів.

Розділ 8.

Обладнання для проведення біотехнологічних процесів

Біотехнологічні процеси засновані на використанні ферментів (біотехнологічних каталізаторів), у присутності яких відбуваються біохімічні перетворення біологічних матеріалів (гідроліз вуглеводів, коагуляція білків).

Ферменти можуть бути природними компонентами сировини або вводитися в біологічні матеріали.

У якості продуцентів ферментів (біологічно активних речовин) використовують бактерії, дріжджі, амінокислоти, мікроміцети (міцеліальні гриби).

В процесі культивування мікроорганізмів застосовують обладнання, яке називається ростильними апаратами (наприклад, дріжджеростильні апарати).

Апарати, в яких створюються найбільш сприятливі умови життєдіяльності мікроорганізмів, називають біореакторами.

Апарати для проведення ферментативних процесів називають ферментаторами.

Класифікація обладнання для проведення біотехнологічних процесів

■ **Обладнання для проведення мікробіологічних процесів.** У виробництві спирту, пива, вина, квасу, дріжджового тіста в процесі спиртового бродіння під дією ферментів дріжджів відбувається перетворення вуглеводів (цукру) в спирт (етанол) і вуглекислий газ (діоксид вуглецю).

■ **Обладнання для виробництва солоду.** Під час пророщування зерна відбувається синтез і активація ферментів, під впливом яких збільшується кількість водорозчинних речовин необхідних для приготування солоду.

■ **Обладнання для засолювання і дозрівання м'яса та молочних продуктів.** Засолювання – процес надання стійкості продукту під час зберігання, спосіб консервування за допомогою кухонної солі з метою уповільнення дії ферментів і розкладання гнильними бактеріями.

Використання для засолювання м'яса поряд з хлоридом натрію нітритів та інших засолювальних інгредієнтів сприяє стабілізації кольору м'яса, надає продукту специфічного смаку і аромату.

Засолювання складається з двох процесів: проникнення солі в тканини (просолювання) і біохімічних змін у тканинах (дозрівання) в результаті ферментативних процесів.

Дозрівання м'яса – сукупність автолітичних перетворень біохімічних речовин, результатом яких є позитивні зміни властивостей сировини: формування ніжної консистенції, соковитості, специфічного аромату і смаку.

Під час дозрівання у молоці та сирній масі відбувається комплекс біохімічних, мікробіологічних і фізико-хімічних процесів, в результаті яких під впливом ферментів молочний цукор, білки, жири та мінеральні речовини зазнають змін та формуються органолептичні показники (смак, запах і консистенція).

■ **Обладнання для копчення м'яса і риби.**

Копчення м'яса і риби димом проводиться з метою надання продуктам нових смакових якостей та підвищення їх стійкості під час зберігання.

Під час копчення м'ясопродукти просочуються коптильними речовинами, отриманими в результаті неповного згоряння деревини. Продукт під час копчення зазнає змін, пов'язаних з впливом коптильних речовин, температурним режимом і тривалістю оброблення.

8.1. Обладнання для проведення мікробіологічних процесів

Обладнання для проведення мікробіологічних процесів можна розділити на:

- обладнання для виробництва біомаси – продуктів, отриманих мікробіологічними синтезом в аеробних умовах з використанням певних культур мікроорганізмів: дріжджів, бактерій, мікроскопічних грибів тощо;
- обладнання для отримання вторинних метаболітів (продуктів життєдіяльності мікроорганізмів), де під впливом ферментів під час анаеробного бродіння в рідких продуктах відбувається перетворення цукру в спирт і діоксид вуглецю (пиво, вино, спирт, хлібний квас, тісто).

8.1.1. Обладнання для виробництва хлібопекарських дріжджів

Для виробництва хлібопекарських дріжджів застосовують дріжджеростильні апарати.

В дріжджовому виробництві прагнуть активізувати процес розмноження дріжджів і загальмувати процес бродіння.

Розгляднемо **дріжджеростильний апарат**, виконаний у вигляді вертикальної циліндричної посудини 10 з нержавіючої сталі з охолоджувальною сорочкою 9 (*Рисунок 8.1*).

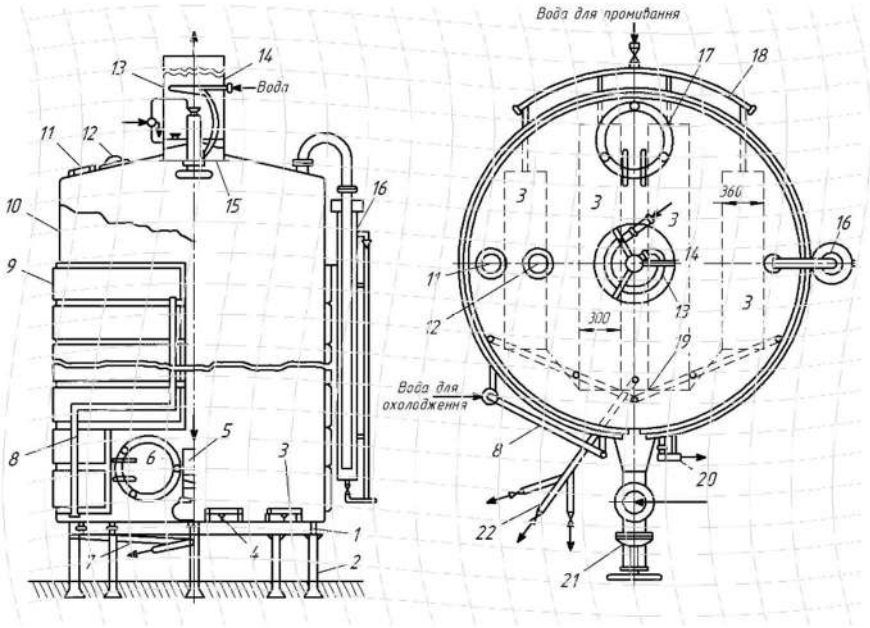


Рисунок 8.1. Дріжджеростильний апарат:
1 – балка; 2 – стійка; 3 – повітророзподільні коробки; 4 – сопла; 5 –труба для повітря; 6 – люк; 7 – колектор; 8 – труба подачі води; 9 – охолоджувальна сорочка; 10 – посудина; 11 – оглядове вікно; 12 – ліхтар; 13 – шланг; 14 – витяжна труба; 15 – заслінка; 16 – вакуум-запобіжник; 17 – люк; 18 – колектор; 19 – розподільчі короби; 20 – труба для відведення води; 21 – вентиль; 22 – патрубок для готового сусла.

Апарат має еліптичну кришку і плоске днище, забезпечений аераційною системою, охолоджувальним пристроєм і мийним механізмом. На еліптичній кришці розміщені оглядове скло, люк,

труба для відведення повітря та патрубки для підведення живильного середовища, піногасника, сірчаної кислоти, аміачної води, пари на пропарювання апарату, води до мийних пристроїв тощо.

Апарат встановлений на стійках 2 і балках 1.Аппарат оснащений пластинчастою аераційною системою. Повітря подається трубою 5 в розподільний колектор 18 і далі в розподільчі короби 19, закриті зверху перфорованими пластинами з отворами діаметром 0,5 мм.

Для миття і технічного обслуговування апарат забезпечений люками 6 і 17, оглядовим вікном 11, ліхтарем 12, вакуум-запобіжником 16, трубою для повітря 5, повітророзподільними коробками 3, соплами 4 для промивання повітророзподільних коробок, колектором 7 для підведення води в секції охолоджувальної сорочки. На кришці апарату встановлена витяжна труба 14, яка перекривається заслінкою 15. Шлангом 13 подається промивна вода. Подача повітря регулюється вентилем 21. Через трубу 22 випускають готове сусло. Для повітря встановлені розподільні коробки 19.

Об'єм апаратів залежить від виробничої потужності заводу і коливається від 30 до 100 $м^3$.

8.1.2. Обладнання для спиртового бродіння харчових середовищ

У виробництві пива, спирту, вина, квасу, дріжджового тіста в процесі спиртового бродіння під дією ферментів дріжджів відбувається перетворення вуглеводів (цукру) в спирт і вуглекислий газ.

В умовах анаеробного бродіння під час зброджування 1 г-моль моносахариду виділяється 100 кДж теплоти за рахунок біохімічного перетворення і теплоти розчинення етанолу у воді.

Апарати для бродіння та доброджування пива

Для отримання пива пивне сусло зброджується пивними дріжджами в дві стадії: головне бродіння 7–9 діб за температури 6–9 °С і доброжування за температури 1-2 °С.

Бродіння пива (головне і доброджування) здійснюється в бродильних апаратах.

Бродильні апарати виготовляють відкритого і закритого типу, і бувають циліндричні або прямокутні, з горизонтальним або вертикальним розміщенням. В середині корпусу встановлений

змійовик, яким пропускають холодну воду для відведення теплоти, що утворилася під час бродіння.

Великі циліндричні ємності для бродіння та доброжування на виробництві зазвичай називають танками.

Апарат головного бродіння пива горизонтального типу (*рисунок 8.2*).

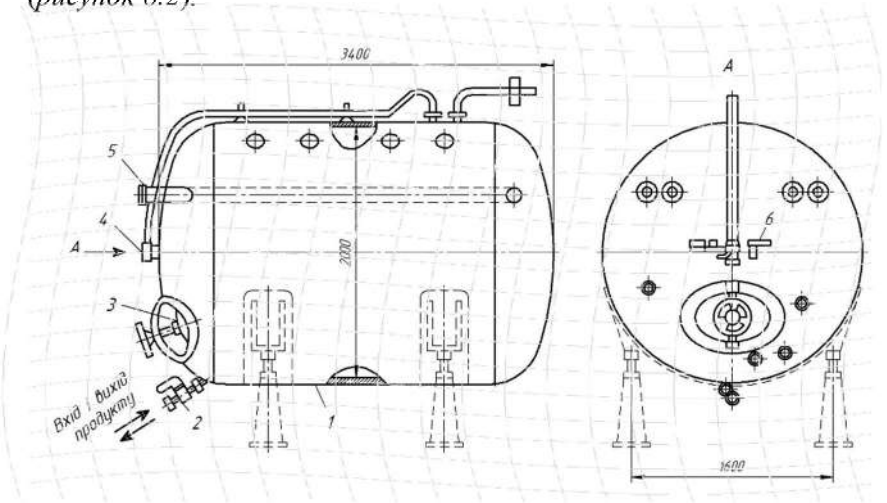


Рисунок 8.2. Апарат головного бродіння пива:
1 – посудина; 2 – кран подачі та спуску сусла; 3 – люк; 4 – пристрій для відведення вуглекислого газу; 5 – повітряна трубка; 6 – пробний кран.

Призначений для головного бродіння пивного сусла. Зверху апарат має повітревідвідну трубку 5. Усередині апарату встановлений охолоджувальний змійовик. Пристрій 4 призначений для відведення вуглекислого газу. На днищі встановлений люк 3 з кришкою і краном 2.

Головне бродіння починається з заповнення апарату охолодженим суслом і посівними дріжджами у кількості 0,5% його об'єму.

Апарати для бродіння виготовляються об'ємом 8–50 м^3.

Об'єм бродильних апаратів обмежується добовою кількістю сусла.

Висота бродильної ємності не повинна перевищувати 2 м. В більш високих ємностях дріжджі погано осідають, ускладнюється освітлення пива.

У великих ємностях освітлення протікає повільніше, ніж у малих, оскільки швидкість осідання суспензій залежить від висоти шару дисперсного середовища.

У промисловості найбільшого поширення набули горизонтальні алюмінієві апарати, як для головного бродіння, так і для доброджування пива.

Після закінчення першої стадії бродіння молоде пиво відокремлюють від дріжджів, пропускають через сепаратор, охолоджують та передають в цех на доброджування, низька температура якого сприяє насиченню пива вуглекислотою.

Важливим процесом під час доброджування є освітлення пива. Для осідання зважених частинок потрібен тривалий час. Процес освітлення і дозрівання пива закінчується на 30–40 добу.

Доброджування і дозрівання пива відбувається в герметично закритих посудинах.

Апарат для доброджування пива горизонтального типу *(рисунок 8.3*) призначений для доброджування і освітлювання молодого пива і зберігання фільтрованого пива під тиском 0,07 МПа.

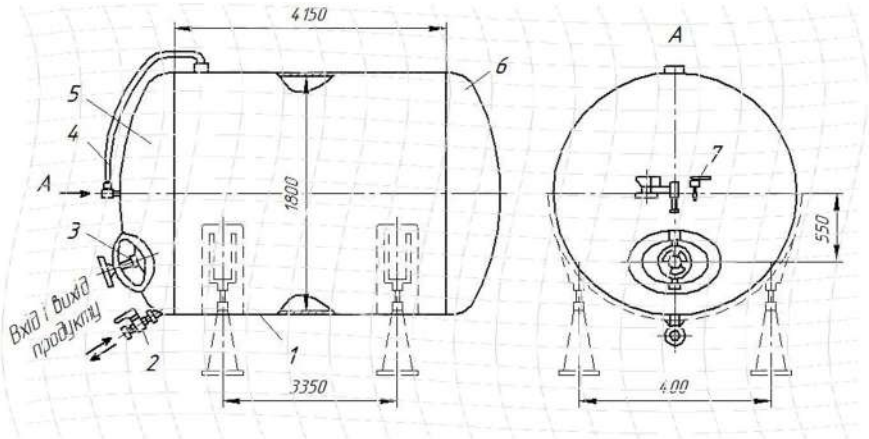


Рисунок 8.3. Апарат для доброджування пива горизонтального типу:
1 – корпус; 2 – кран; 3 – люк;
4 – трубопроводи для відведення діоксиду вуглецю;
5, 6 – днища; 7 – шпунт-апарат.

Апарат виконаний у вигляді горизонтальної циліндричної посудини 1 зі сферичними днищами 5 і 6. На днищі знаходиться люк 3 для санітарного оброблення апарату. Для наповнення апарату і виходу продукту внизу розташований кран 2. Для відведення діоксиду вуглецю служить спеціальна арматура 4 і шпунт-апарат 7.

Горизонтальні апарати для доброджування пива виготовляють об'ємом 8–80 м^3. Крім горизонтальних виготовляють вертикальні об'ємом 4–9 м^3.

Поверхня апаратів з алюмінію і нержавіючої сталі не покривається захисними покриттями та легко очищується від забруднень.

Апарат прискореного виробництва пива. Останнім часом на пивоварних заводах успішно впроваджується процес прискореного бродіння та доброджування пива в вертикальних циліндричних апаратах об'ємом 95 м^3 (*рисунок 8.4*).

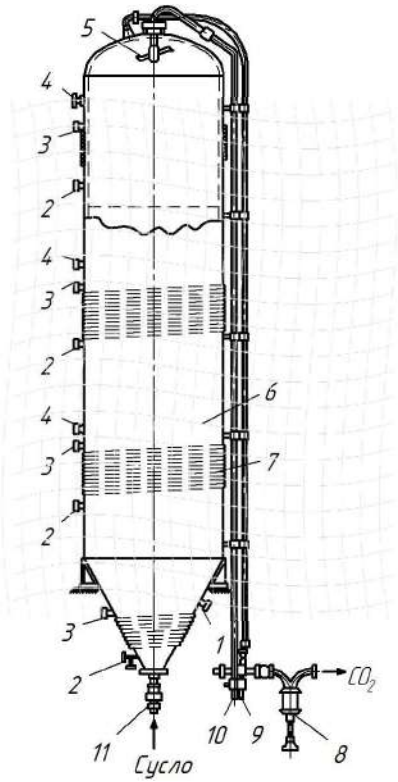


Рисунок 8.4.
Апарат прискореного виробництва пива:
1 – кран для зняття проби; 2, 3 – штуцери для підведення і відведення теплоносія;
4 – датчик температури;
5 – мийна головка;
6 – корпус;
7 – пояс охолодження;
8 – гідрозатвор;
9 – шпунт-апарат;
10 – патрубок для подачі мийної рідини;
11 – патрубок подачі сусла і дріжджів.

Спосіб прискореного отримання пива полягає в тому, що в одній посудині з добовим заповненням суслом і дріжджами суміщають головне бродіння та доброджування, які тривають протягом 14 діб замість 28 для деяких видів пива за класичного способу приготування.

Апарат є вертикальною циліндричною посудиною 6 з конічним днищем з нержавіючої сталі, обладнаний поясами охолодження 7. Апарат забезпечений мийною головкою 5, запобіжним шпунт-апаратом 9, гідрозатвором 8, датчиками температури 4, встановленими по висоті апарату. На апараті встановлені штуцери для підведення та відведення теплоносія 2 і 3, для подачі сусла і дріжджів 11, для подачі мийної рідини 10, для зняття проби пива 1.

Обладнання для зброджування сусла у виробництві спирту

Спирт отримують періодичним або безперервним методом.

Охолоджене сусло подають в бродильний чан для зброджування.

Під час періодичного способу процес бродіння проходить в кожному чані самостійно.

Під час безперервного способу бродильні чани об'єднуються в батарею по 8–10 ємностей. Перші два чани є головними, в них подається охолоджена маса. В процесі бродіння маса перетікає під дією різниці рівнів з одного чана в другий. З останнього виходить готова бражка.

Бродильний апарат *(рисунок 8.5*) призначений для зброджування сусла під дією ферментів дріжджів. Виконаний у вигляді циліндра з конічним днищем зі сталі товщиною 6 мм. Для охолодження маси передбачений змійовик 6. Для огляду і ремонту апарат забезпечений люками 5 і 8.

Маса для зброджування подається через патрубок 2. Вуглекислота, що виділяється під час бродіння, видаляється через патрубок 3. Патрубок 7 служить для видалення готової бражки, промивних вод і впуску в апарат пари.

Огляд і дезинфекція апарату здійснюються через люк 5. Оглядове скло 4 призначено для спостереження за процесом бродіння. Гідравлічний затвор 1 служить для зниження тиску в

апараті та оберігає апарат від зминання під час пропарювання. Готова бражка насосом подається на перегонку.

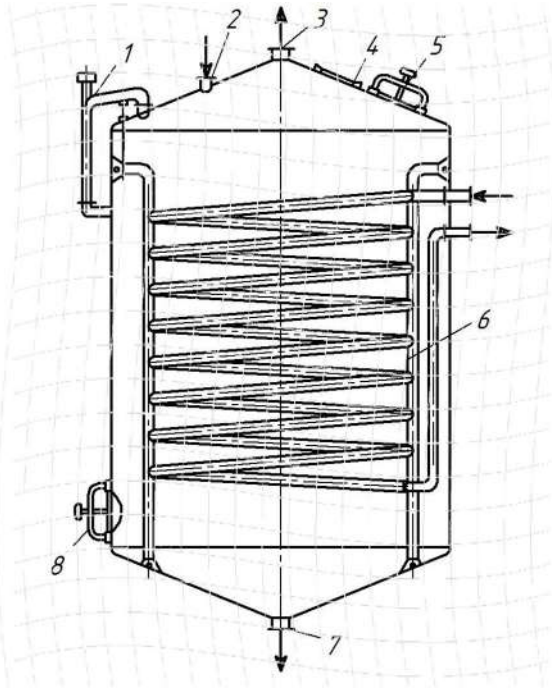


Рисунок 8.5.
Бродильний апарат:
1 – гідравлічний затвор;
2 – патрубок для підведення сусла;
3 – патрубок для відведення вуглекислого газу;
4 – оглядове скло;
5 – люк;
6 – змійовик;
7 – патрубок для випуску готової бражки;
8 – люк.

Апарат для зброджування сусла у виробництві вина

Виноградні вина отримують спиртовим зброджуванням виноградного соку. Червоні вина готують шляхом зброджування подрібненого винограду без відділення мезги для більш повного вилучення екстрактивних і фарбувальних речовин. Після закінчення бродіння отримане молоде вино знімають з дріжджового залишку і направляють на витримування для подальшого отримання марочних вин або проводять спеціальне оброблення для надання стабільної прозорості, гармонійності аромату і смаку.

Бродіння здійснюється двома способами: класичним – періодичним в бочках або великих резервуарах, і безперервним – в одній посудині або батареї бродильних апаратів.

В даний час широко застосовується установка для безперервного зброджування сусла білим способом *(рисунок 8.6)*. До неї входить шість вертикальних металевих бродильних апаратів 2 з водяними сорочками об'ємом 2000 дал з конічними днищами.

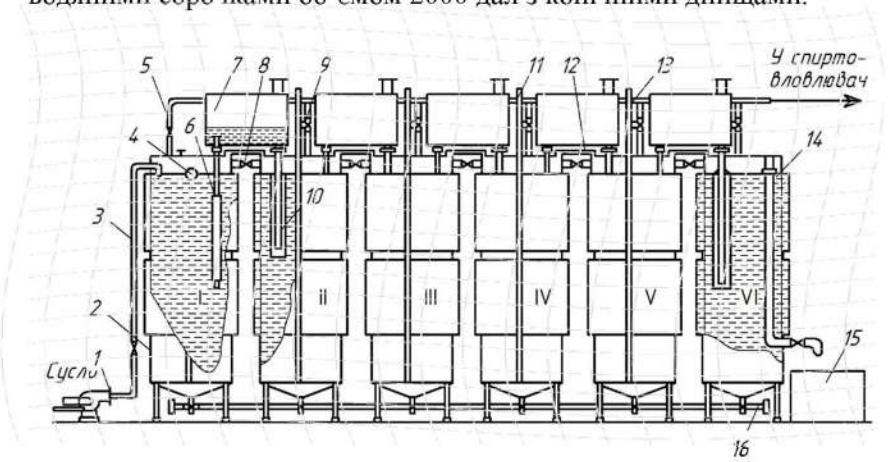


Рисунок 8.6. Установка для безперервного зброджування сусла під час виробництва вина:

1 – насос; 2 – бродильні апарати; 3 – трубопровід; 4 – реле рівня; 5 – вентиль для спускання вуглекислого газу; 6 – труби для піднімання сусла; 7 – перетічні баки; 8 – вентиль; 9 – вентиль; 10 – гідрозатвор; 11, 12 – трубопроводи; 13 – мірні скельця; 14 – пристрій для виходу виноматеріалів; 15 – приймач виноматеріалів; 16 – триходові крани.

Апарати обладнані п'ятьма горизонтальними перетічними баками 7 об'ємом 190 дал і приймачем виноматеріалів 15.

В бродильні апарати з другого по шостий в перетічні баки опущені переливні труби з гідрозатворами 10 для сусла. Крім того, апарати з'єднані з перетічними баками трубами 6 для підйому сусла. Всі баки з'єднані у верхній і нижній конічній частинах загальними трубами, з яких верхній трубопровід з вентилями 8 служить для вирівнювання рівня рідини у всіх апаратах під час роботи установки, а нижній з триходовими кранами 16 – для заповнення та звільнення апаратів. Труби 12 з'єднують апарати для підтримання однакового тиску в усіх апаратах.

У першому апараті встановлено реле рівня 4, яке регулює подачу сусла насосом 1. В останньому апараті є пристрій 14 для виходу вина.

Перетічні баки 7 з'єднані трубами 11, що мають відводи в бродильні апарати, на яких встановлені соленоїдні вентилі 9, для випуску вуглекислого газу під час перетікання рідини. Вентиль 5 призначений для випуску діоксиду вуглецю. Переміщення продукту з апарату в апарат відбувається під тиском вуглекислого газу.

Обладнання для бродіння хлібного квасу

Хлібний квас – продукт незакінченого спиртового і молочнокислого бродіння сусла, отриманого з екстракту квасних хлібців або концентрату квасного сусла.

Бродіння квасного сусла проводять в бродильно-купажних апаратах.

Бродильно-купажний апарат *(рисунок 8.7)* - це циліндрична посудина 5 з конічним днищем і охолоджувальною сорочкою 4.

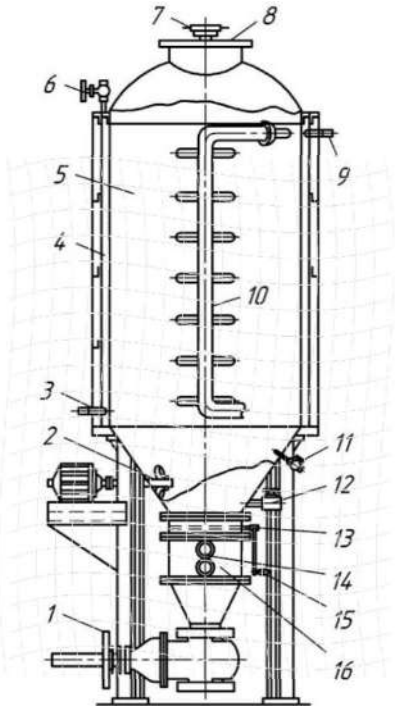


Рисунок 8.7.
Бродильно-купажний апарат для хлібного квасу:
1 – засувка;
2 – мішалка;
3 – патрубок підведення охолоджувального розсолу;
4 – сорочка;
5 – посудина; 6 – вентиль;
7 – оглядовий люк;
8 – люк для обслуговування; 9 – патрубок відведення охолоджувального розсолу; 10 – розсільний компенсатор;
11 – пробний кран;
12 – зливний патрубок;
13 – псевдоднище;
14 – оглядові вікна;
15 – опори;
16 – дріжджевідділювач.

У нижній конічній частини встановлений дріжджевідділювач 16. Для перемішування сусла під час бродіння та купажування встановлена мішалка 2. Люк 8 призначений для санітарного та технічного обслуговування апарату. До фланця урізаного конуса кріпиться днище 13. Дріжджевіділювач із засувкою 1 забезпечений оглядовими вікнами 14. Підведення і відведення охолоджувального розсолу здійснюється через патрубки 3 і 9. Усередині посудини встановлений розсільний компенсатор 10 для охолодження маси.

У кришці апарату є патрубок для підведення сусла, цукрового сиропу, дріжджів, молочної закваски та повітря.

В конічній частини апарата встановлений зливний патрубок 12 та мішалка 2 для перемішування квасу. Вентиль 6 служить для відведення повітря і встановлення манометра. Час бродіння квасу близько 20 годин.

8.1.3. Обладнання для бродіння опари та тіста

Бродіння опари та тіста супроводжується фізичними та біохімічними перетвореннями, що дозволяє отримати хліб з добре розпушеним пористим м'якушем та характерним ароматом і смаком.

Бродіння проводять в одну стадію (безопарний спосіб) і в кілька стадій (опарний спосіб).

Обладнання для бродіння - це ємності, в яких процес бродіння проводять періодично (порційно) або безперервно (у потоці).

Обладнання для порційного бродіння проводять в окремих ємностях – діжах.

Підкатна діжа набула широкого розповсюдження для порційного приготування та бродіння тіста і густої опари.

Після замішування діжу залишають для виброджування напівфабрикату.

Діжі мають конічну або циліндричну форму.

Об’єм таких діж коливається в широких межах, до 600 літрів.

Підкатна діжа - це відкрита металева чаша 1 *(рисунок 8.8)*, змонтована на чавунній каретці 2, яка переміщується на трьох колесах.

Одне колесо 4 напрямне – розміщено на поворотній вилці 3 для зручності керування діжею під час переміщення.

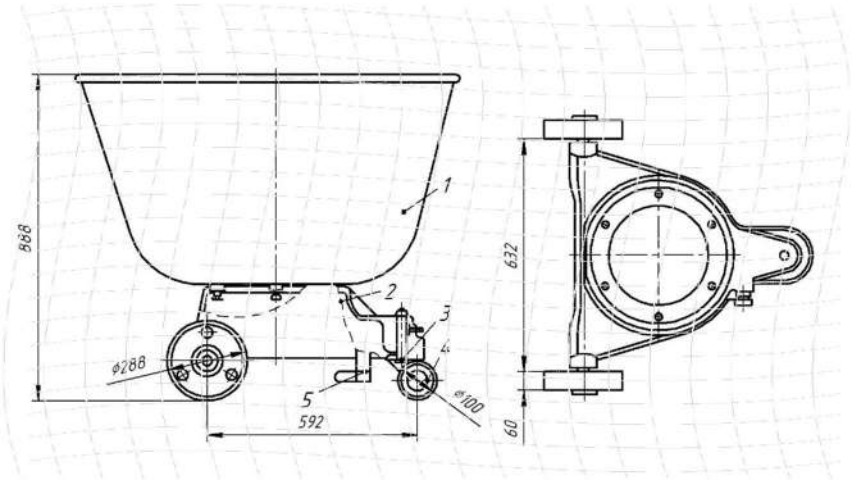


Рисунок 8.8. Діжа підкатна:
1 – чаша; 2 – каретка; 3 –поворотна вилка; 4 – каретка;
5 – палець фіксатора

Під час накатування діжі на платформу тістомісильної машини палець 5 фіксатора входить в отвір стійки та закріплюється засувкою.

Після замісу діжу викочують вручну і ставлять на бродіння.

Порційне приготування і бродіння опари та тіста може відбуватися в ємностях тістоготувальних агрегатів.

Тістоготувальний агрегат кільцевого типу *(рисунок 8.9)* призначений для замішування і вибродження житнього і пшеничного тіста з борошна I і II ґатунку двостадійним способом.

Відмінною особливістю агрегату є те, що опара і тісто замішуються та бродять в діжах 1 об'ємом 1000 л, закріплених в гніздах жорсткого кільцевого конвеєра 8.

Велика частина конвеєра проходить через камери бродіння опари 1 і тіста 4. На відкритих ділянках кільця встановлені три тістомісильні машини – для замішування опари 9, тіста 3, обминання тіста 5 і діжеперекидач 6.

Час переміщення діж між місильними машинами та діжеперекидачем відповідають тривалості бродіння опари та тіста.

Конвеєр періодично переміщується на один крок між діжами. Під час зупинки кільця одночасно проводиться чотири операції: замішування опари та тіста, обминання та звільнення діжі від тіста, яке тістоспуском 7 направляється на оброблення.

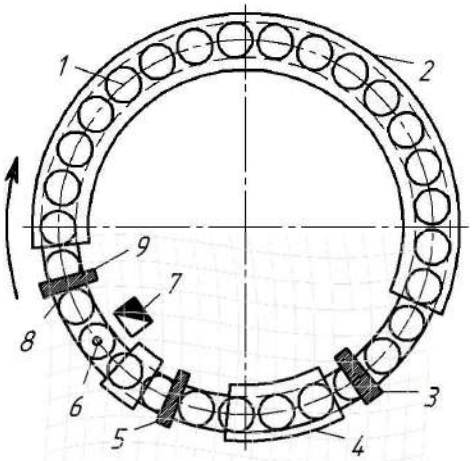


Рисунок 8.9.
Тістоготувальний агрегат кільцевого типу:
1 – діжа;
2 – камера бродіння опари;
3 – машина для замішування тіста;
4 – камера бродіння тіста;
5 – машина для обминання тіста;
6 – діжеперекидач;
7 – тістоспуск;
8 – кільцевий конвеєр;
9 – машина для замішування опари.

Пятисекційний бункер для бродіння тіста *(Рисунок 8.10)*.

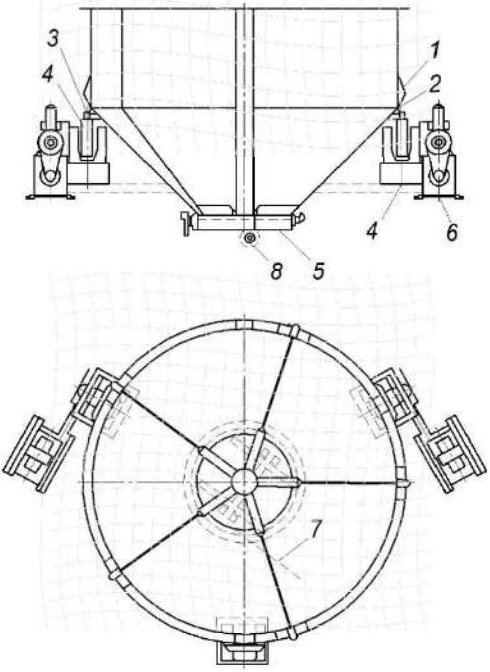


Рисунок 8.10.
Бункер для бродіння тіста агрегату
1 – опора;
2 – кільце;
3 – накладка;
4 – ролики;
5 – шибер;
6 – привід;
7 – перегородка;
8 – нижня плита.

Призначений для бродіння опари та тіста після замішування. Бункер циліндричний у верхній частині та конічний в нижній частині, розділений п'ятьма вертикальними перегородками 7. До зовнішньої циліндричної поверхні бункера приварені опори 1, до яких прикріплено кільце 2 зі швелера, посилене сталевою накладкою 3. За допомогою цього кільця бункер опирається на три ролики 4, з яких два привідні.

Під час обертання бункера на 1/5 оберту випускний отвір чергової секції бункера, закритий шибером 5, поєднується з вихідним отвором нерухомої нижньої плити 8.

При відкритому шибері відбувається випуск опари або тіста.

Бункери для бродіння опари та тіста виконуються однаковими.

Шестисекційний бункер для бродіння *(Рисунок 8.10)* призначений для бродіння опари під час приготування тіста двофазним способом на великій густій опарі.

Бункер виготовлений циліндричним у верхній частині, конічним в нижній і встановлений стаціонарно на опорах.

Замішана опара розподільним поворотним лотком подається до відповідної секції бункера, розділеного вертикальними перегородками на шість секцій.

Бункер обладнаний нижнім поворотним днищем, розміщеним на конусі. В днищі є виріз для вивантаження опари з секції бункера.

Привідний пристрій періодично по мірі завантаження секції опарою повертає лоток і поворотне днище на один крок і переводить завантаження на наступну секцію. Зброджена опара за допомогою насоса-дозатора подається на заміс тіста.

Бункер обладнаний сходами та майданчиком з огорожею для обслуговування.

Коритоподібний бункер для бродіння *(Рисунок 8.12)* є коритоподібною ємністю, виготовленою з нержавіючої сталі. Ємність складається з трьох частин, різних за площею поперечного перерізу і встановлених послідовно одна за одною під кутом 3° до горизонту.

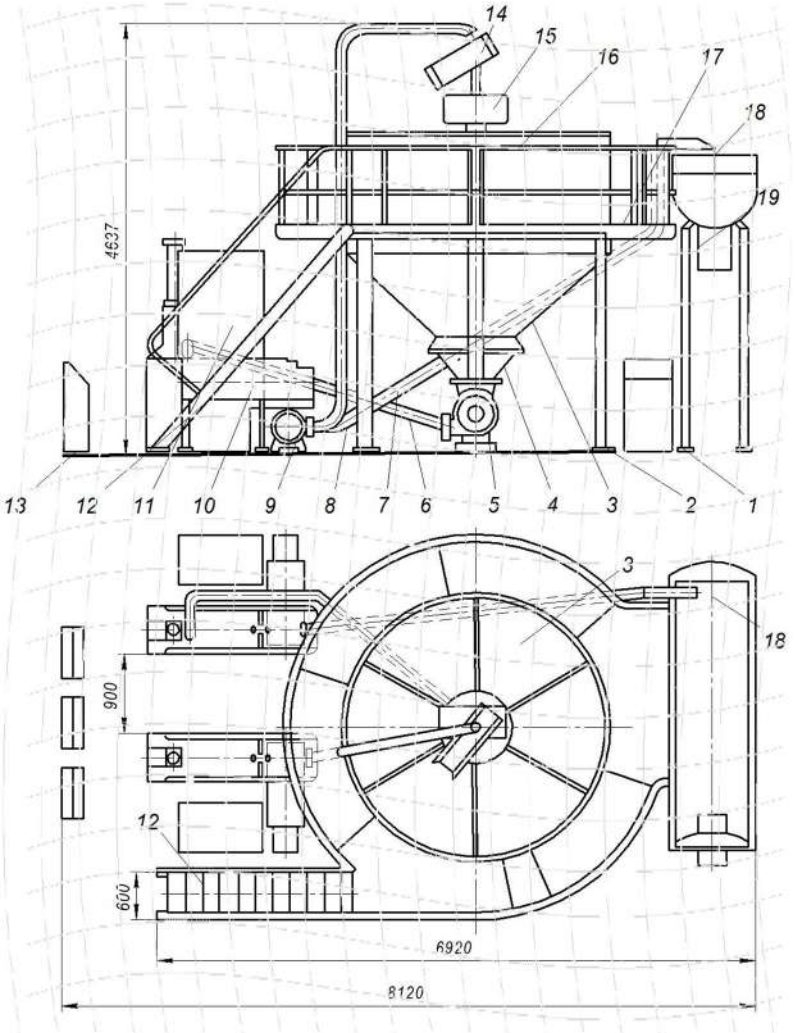


Рисунок 8.11. Бункер для бродіння опари та тіста агрегату 1,2 – опори корита і бункера; 3 – шестисекційний бункер; 4 – обертове дно; 5,9 – лопатеві насоси; 6,7,8 – трубопроводи для транспортування тіста; 10 – тістомісильні машини; 11 – дозувальна станція; 12 – сходи; 13 – пульт управління; 14 – обертовий лоток- розподільник; 15 – привід лотка розподільника; 16 – огорожа; 17 – майданчик; 18 – корито для бродіння; 19 – тістоспуск.

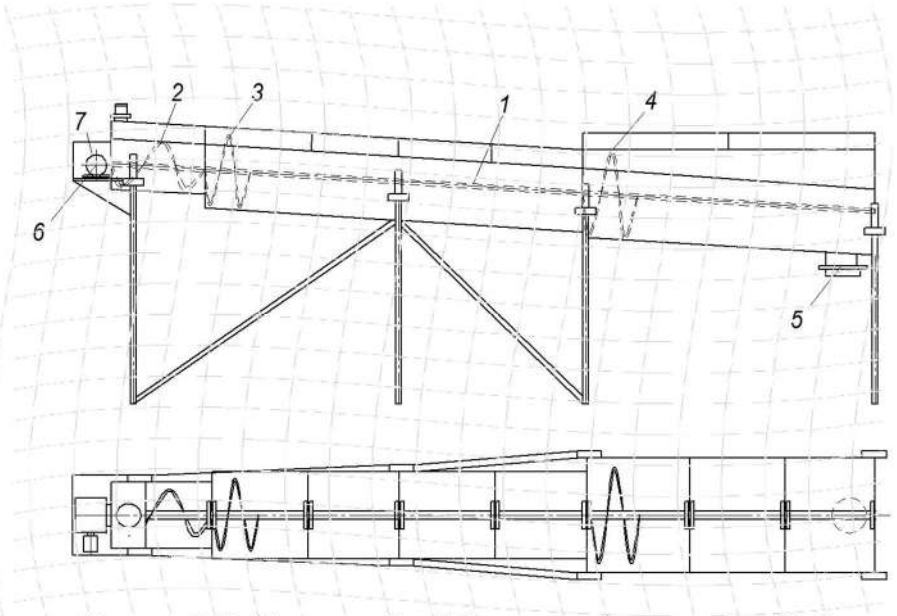


Рисунок 8.12. Коритоподібний бункер для бродіння тіста ХТР:
1 – вал; 2 – стрічкова спіраль; 3, 4 – виток шнека; 5 – заслінка;
6 – електродвигун; 7 – редуктор.

Усередині корита на всій довжині проходить порожнистий вал 1, який опирається на підшипники.

Вал в першій частині корита оснащений гвинтовою стрічковою спіраллю 2 і витком шнеку 3. На початку третьої секції закріплений також виток шнеку 4. У кінці корита на валу закріплений ніж 9 для очищення торцевої стінки корита від тіста. Вал корита періодично приводиться в рух від електродвигуна 6 через редуктор 7 і ексцентрикову храпову передачу 8.

Під напором витка шнеку і сил гравітації опара повільно переміщується уздовж осі корита. Збродженa опара в кінці секції вивантажується через отвір в днище ємності, яке перекривається заслінкою 5.

Коритоподібний бункер для бродіння тіста існує в двох варіантах: з трьохсекційною ємністю для безопарного приготування тіста, і з ємністю, розділеною перегородкою на два відсіки для опари та тіста для двофазного способу приготування тіста.

Для бродіння опари та тіста використовують також стрічкові транспортери.

Обладнання для попереднього вистоювання тістових заготовок

Вистоювання тістових заготовокотовок виконується в два етапи: попереднє та кінцеве. Попереднє вистоювання проводиться для виробів із сортового пшеничного борошна, відбувається після округлення на протязі 5-7 хвилин і не потребує сталих параметрів середовища.

Метою попереднього вистоювання тістових заготовок є релаксація напружень, які виникають в тістовій заготовці внаслідок інтенсивного механічного впливу для полегшення подальшого оброблення.

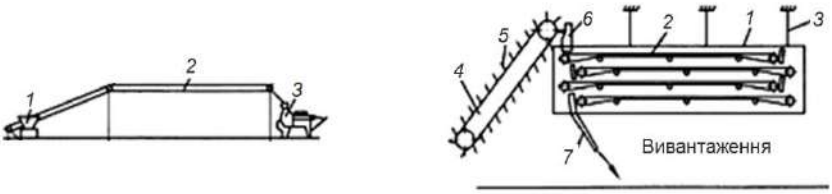
Обладнання для попереднього вистоювання використовують в вигляді відкритих стрічкових транспортерів або шаф, всередині яких встановлюється система стрічкових транспортерів або ланцюговий колисковий конвеєр.

Відкриті стрічкові транспортери виконуються в один ряд (*рисунок 8.13 а*) або в декілька рядів (*рисунок 8.13 б*) та розташовуються, як правило, під перекриттям цеху, де найбільш сприятливі температурні та вологовмісні умови для попередження завітрювання поверхні.

В першому випадку тістові заготовки безпосередньо з тістоокруглювача 1 поступають на стрічковий транспортер, який направляє їх тістозакатувальну машину.

В шафі для попереднього вистоювання встановлено декілька стрічкових транспортерів.

Шматки тіста нагнітачем 4 рівномірно подаються в елеватор 5, який через лоток-розподільник 6 направляє шматки на верхній стрічковий транспортер. Потім шматки тіста переміщуються почергово з стрічки на стрічку і через лоток 7 направляються в тістоформувальну машину. Таке переміщення тістових заготовок з стрічки на стрічку покращує властивості вистоювання, тому що виключається одностороннє підсихання тістових заготовок. Недоліком таких шаф є великі розміри та не використання кожного нижнього стрічкового транспортера.



а *б*

Рисунок 8.13. Обладнання для попереднього вистоювання:
а – стрічковий транспортер:
1– тістоподільна машина; 2 – транспортер; 3 – тістозакатна машина;
б – стрічкова шафа:
1 – шафа для попередньго вистоювання; 2 – стрічкові транспортери;
3 – підвіски; 4 – ковшовій транспортер; 5 – ковші;
6 – лоток-розподільник; 7 – лоток для розвантаження.

Шафа з вертикальним колисковим конвеєром (*рисунок 8.14.)* використовується для попереднього вистоювання тістових заготовок для виробництва дрібноштучних виробів. Всередині шафи розташований дволанцюговий колисковий конвеєр, який складається з семи пар зірочок 3. Пара зірочок є привідною. До ланцюгів конвеєра шарнірно підвішено 100 колисок, виконаних в формі рамок. Кожна колиска обтягнута тканиною та має десять комірок.

Шматки тіста від округлювальної машини надходять в кожну колиску. Після проходження всього конвеєра колиски підходять до розвантажувального пристрою, накочуються своїми роликами на напрямні та перекидаються. Тістові заготовки через лотки поступають на приймальний транспортер, який направляє тістові заготовки до формувальної машини. За необхідності збільшення часу вистоювання вихідні отвори лотків перекриваються поворотними планками. В цьому випадку тістові заготовки направляються через лоток на попередню колиску, але в комірки, які розташовані лівіше тих, з яких вони випали (якщо дивитися з боку розвантаження). Потім ці тістові заготовки знову проходять через всю шафу. В залежності від потрібного часу вистоювання процес перекидання тістових заготовок можна повторювати п’ять разів.

Час вистоювання в цій шафі можна регулювати в межах від 2 до 10 хв. Продуктивність – до 5000 заготовок за годину. Конвеєр приводиться до руху від електродвигуна (N=4,5 кВт, n=930 об/хв).

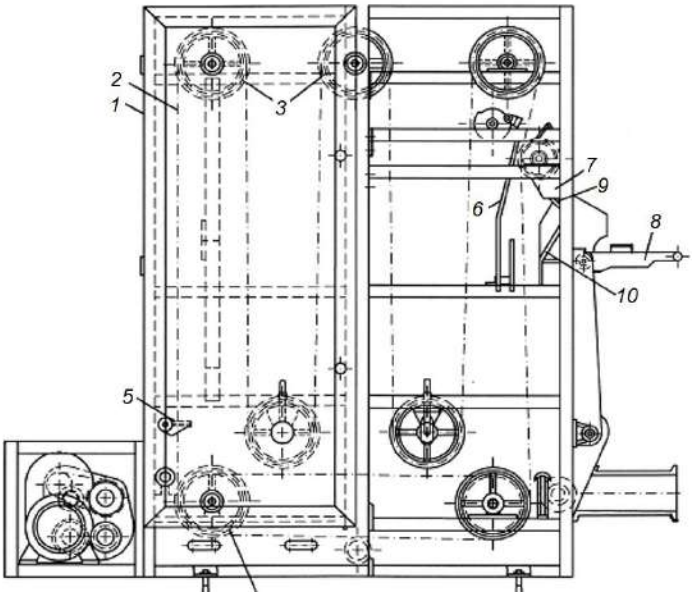


Рисунок 8.14. Шафа з колисковим конвеєром для попереднього вистоювання:
1 – шафа; 2 – дволанцюговий колисковий конвеєр; 3 – зірочки; 4 – привідні зірочки; 5 – колиски; 6 – напрямна планка; 7 – лотки; 8 – приймальний транспортер; 9 – поворотна планка; 10 – лоток.

6.4. Обладнання для кінцевого вистоювання тіста

Кінцеве або остаточне вистоювання проводиться після кінцевого формування в залежності від асортименту пртягом 53-60 хвилин. Під час остаточного вистоювання структура тіста стає рівномірно пористою, об'єм заготовки збільшується в 1,4-1,5 рази, а густина знижується на 30-35%. Заготовка отримує рівну, гладку, еластичну поверхню. Кінцеве вистоювання потрібно проводити в середовищі з відносною вологістю 75-80% за температури 35-40 ºС, тому кінцеве вистоювання проводиться в спеціальних камерах або шафах.

Найбільш широко застосовуються конвеєрні шари. Вони бувають Г-подібної, П-подібної, Т-подібної форми.

Вони поділяються на горизонтальні та вертикальні, за технологічним призначенням: універсальні та спеціалізовані.

Універсальні конвеєрні шафи призначені для кінцевого вистоювання тістових заготовок широкого асортименту хлібобулочних виробів, що є їх перевагою. Недоліком є складність механізації завантаження і розвантаження.

Спеціалізовані конвеєрні шафи призначені для вистоювання тістових заготовок визначеної форми і маси. Ці шафи мають в комплекті механізми для завантаження і розвантаження колисок і застосовуються в автоматизованих потокових лініях.

Конвеєрна шафа вистоювання (*рисунок 8.15.*) призначена для остаточного вистоювання тістових заготовок для виробництва круглого подового хліба вагою 1 кг в автоматизованих потокових лініях з печами площею поду від 25 до 50 м^2.

Ці шафи однакові за конструкцією і відрізняються кількістю горизонтальних секцій.

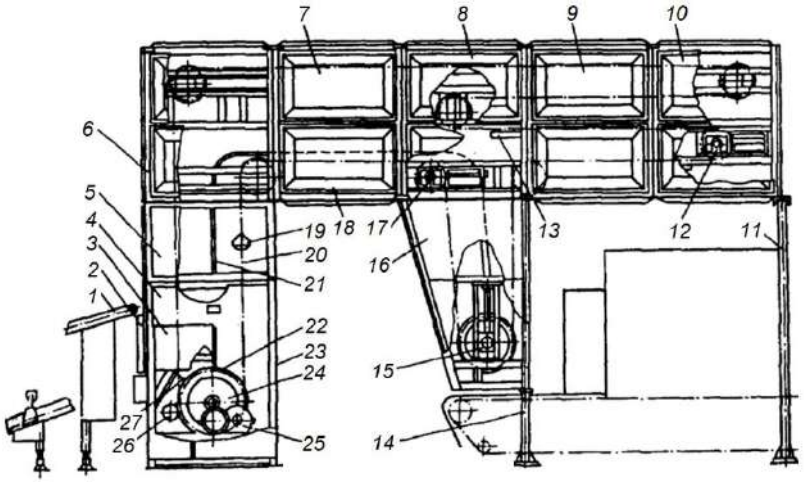


Рисунок 8.15. Конвеєрна шафа вистою Т1–ХРЗ:
1 – подавальний транспортер; 2 – маятниковий посадчик; 3 – шафа; 4–10, 16 – секції; 11, 14 – стійки; 12, 17 – натяжні станції; 13 –напрямні; 15 – натяжна станція; 18 – теплоізоляційні панелі; 19 – колиски; 20 – конвеєрний ланцюг; 21 – перегородка; 22 – ведучі зірочки; 23 – каркас шафи; 24 – привідний вал; 25 – привід; 26 –механізм регулювання часу вистоювання; 27 – механізм зупинки колиски в заданому положенні.

В середині шафи вмонтований чотирьохнитковий конвеєр, котрий складається з дев‘яти пар зірочок і двох втулково-роликових ланцюгів з кроком 100 мм. Дві зірочки – привідні.

До ланцюгів підвішені через кожні три ланки з кроком 300мм. колиски в кількості 80, 120 і 140 шт, рух конвеєру – періодичний.

За автоматичної роботи тістоподільник зупиняється після кожних 8 заготовок. Заготовки округлюються і надходять на стрічковий транспортер. Маятниковий посадчик укладає в колиски вистійної шафи.

Після вистоювання колиска перекидається і тістові заготовки укладаються на під печі.

Шафа вистоювання для батоноподібних виробів (*рисунок 8.16*) має каркасну будову, з вертикальним розміщенням конвеєра.

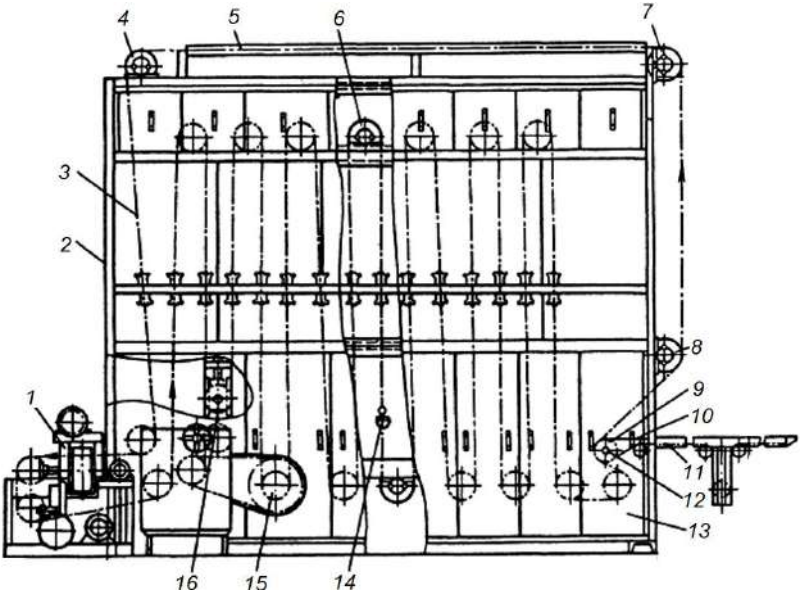


Рисунок 8.16. Шафа вистоювання РШВ:

1 - зона завантаження пустих колисок; 2 – каркас; 3 – ланцюговий транспортер; 4, 7, 8 – зірочки; 5 - зворотня гілка конвеєра; 6 - пара зірочок; 9 - спеціальний транспортер; 10 - стрічковий транспортер; 11 – напрямна; 12 - барабан транспортера; 13 - з’ємне огородження; 14 - колиска; 15 – зірочки; 16 - натяжна станція.

З боків та згори шафа закрита з'ємним огородженням.

Всередині шафи розташовані 23 пари зірочок, на які натягнуті ланцюги конвеєра, що містять колиски для тістових заготовок. Колиски підвішені через кожні чотири ланки ланцюга, за конструкцією – це прямокутна рама, на якій закріплена тканина. Тканина прогинається під масою тістової заготовки, формуючи профіль її верхньої поверхні. Зірочки закріплені на приводному валу. Для натягування конвеєра використовується натяжна станція. Зворотна гілка конвеєра розташована ззовні шафи та опирається на зірочки. Під час руху пустих колисок в зону завантаження, вони підсушуються. Розвантаження колисок відбувається на барабані стрічкового транспортера, який переносить їх на під печі.

Робота шафи відбувається в такому порядку. Заготовки подаються стрічковим транспортером на роторно – стрічковий посадчик в кишені ротора, який рівномірно обертається. Коли кишеня опиняється внизу, заготовка випадає на стрічку укладального транспортера, який рухається вздовж колиски. Завдяки цьому крок між заготовками витримується постійним. Коли на транспортері накопичиться повний ряд заготовок, стрічка його зупиняється і транспортер нахиляється так, що заготовки падають у колиску вистійної шафи. Після цього стрічковий транспортер повертається в попереднє положення та цикл роботи повторюється.

Шафа має спеціальний керуючий пристрій, за допомогою якого узгоджується переміщення колисок, робота укладальника та тістоподільника.

Для розвантаження шафи та пересадки тістових заготовок на під печі використовується спеціальний транспортер. Коли стрічка обходить барабан, вона опиняється безпосередньо поруч з траєкторією колиски. Остання рухаючись вгору притискається до стрічки, причому швидкості їх збігаються. В момент виходу колиски на горизонтальну ділянку вона перевертається, заготовка м'яко перекладається на стрічку, а колиска рухається вгору.

Г-подібна шафа вистою (*рисунок 8.17.*) призначена для вистоювання тістових заготовок в формі батонів масою 0,4 і 0,5 кг. В агрегат входять посадчик заготовок на колиски шафи, сама вистійна шафа, пересадчик заготовок на під печі та надрізчик.

Агрегат випускається у двох варіантах: для комплектації тунельних печей з площею поду 25 і 50 $м^{2.}$ Він має Г-подібну і може

монтуватися зверху над тунельною піччю або перед нею. В агрегат входять живильник – завантажувач, вистійна шафа, перекидач колисок і надрізчик.

Корпус шафи виконаний з кутової сталі і огороджений металевими панелями. Ліва частина шафи розміщена на трубчастих опорах. Шафа складається з окремих секцій, в яких розміщений ланцюговий конвеєр 5, що опирається на десять пар ланцюгових зірочок, дві з них є натяжними. На ланцюгу підвішено 212 вистійних колисок. Привідні зірочки конвеєра закріплені на рушійному валу. Привод конвеєра здійснюється від електродвигуна через клинопасові передачі, черв'ячний редуктор, важелі, храповий механізм.

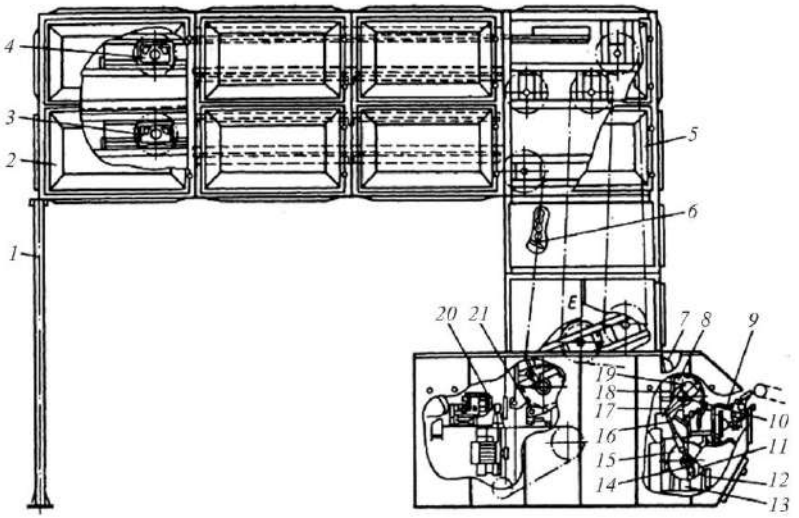


Рисунок 8.17. Г-подібна шафа вистою ЛА-23М:
1 – трубчасті опори; 2 – металеві панелі; 3,4 – пари ланцюгових натяжних зірочок; 5 – ланцюговий конвеєр; 6 – вистійні колиски; 7 – пристрій для регулювання вистоювання; 8 – приводні зірочки; 9 – завантажувач; 10 – рушійний вал; 11, 12 – клинопасові передачі; 13 – електродвигун; 14, 16 – важелі; 15 – черв'ячний редуктор; 17 – поводок храпового механізму; 18 – храпове колесо; 19 – собачка зворотнього ходу храпового механізму; 20 – надрізчик; 21 – перекидач.

Завантаження шафи заготовками здійснюється завантажувачем, який зупиняється коли колиска виходить на позицію укладання і за допомогою спеціальної напрямної перекладає тістові заготовки в колиски вистійної шафи. Після вистоювання тістові заготовки вивантажуються з колисок шафи за допомогою перекидача, зблокованого з надрізчиком.

Для регулювання вистоювання служить пристрій, що має диск з десятьма висувними упорами, котрі контактують з кінцевим вимикачем, за допомогою якого конвеєр зупиняється. Якщо один з упорів заглибити, то кожна двадцята колиска конвеєра буде проходити незавантаженою і час вистоювання скоротиться.

Робота вистійного агрегату здійснюється таким чином. Тістові заготовки транспортером подаються в живильник, який рівномірно завантажує кожну колиску вирівнювача кроку. Після виходу шести колисок із заготовками на позицію укладання – ланцюговий конвеєр вирівнювача кроку зупиняється. У цей момент напрямні повертаються, і тістові заготовки перекладаються в колиску вистійної шафи. За час укладання шести заготовок на колиску вистійної шафи упор кулачка приводу вирівнювача кроку робить один оберт і після повернення колисок в початкове положення включає привід вистійної шафи. По мірі пересування конвеєра вистійної шафи чергова колиска підходить до місця розвантаження і перекидає поворотну рамку з тістовими заготовками, які перекладаються на під печі.

Включення приводу надрізчика, обприскувача здійснюється за допомогою фотореле, датчик якого розташований над пічним конвеєром. Під час проходження ряду тістових заготовок перед датчиком вони перекривають потік світла від спеціального світильника і включають фотореле.

8.2. Обладнання для виробництва солоду

Виробництво солоду – процес пророщування різних видів зерна злакових культур в спеціально створених і регульованих умовах з метою накопичення в них амілолітичних, протеолітичних, цітолітичних та інших ферментів, а також гідролізу високомолекулярних сполук (крохмаль, полісахариди, білки) до низькомолекулярних сполук.

Для отримання солоду зерно ячменю, жита, пшениці, проса, рису та інших культур пророщують протягом 10 діб. Потім його сушать для отримання ним певних смакових якостей і стійкості під час зберігання.

Замочене зерно з вологістю 43–45% до загальної маси або 78–80% до маси сухих речовин пророщують в солодоростильних апаратах за температури 10–14 °С, високої вологості та інтенсивного підведення свіжого повітря для дихання зерна та видалення утвореної вуглекислоти.

Для запобігання утворення грудок або суцільного зрощення зерен зернову масу періодично перемішують.

Солодоростильні апарати (солодовні) поділяться на ящикові та барабанні.

В даний час розроблені солодовні інших типів: баштові, шахтні, тунельні, стрічкові та інші.

Солодовня з пересувною грядкою. В солодовні з пересувною грядкою здійснюється потоковий спосіб вирощування солоду, за якого зерно для пророщування періодично перекидається перекидачем уздовж ящика від місця завантаження до місця розвантаження.

Солодовня з пересувною грядкою *(рисунок 8.18.)* виконана у вигляді довгого ящик 1 з сітчастим дном 2, на яке укладається зерно для пророщування. Підситовий простір служить каналом 3 для подачі кондиційованого повітря та розділений перегородками на відділення, кількістяких дорівнює кількості діб пророщування. На повздовжніх стінках ящика встановлені рейки, якими пересувається на візку 7 ковшовий перекидач 6, який перемішує зерно та переміщує його вздовж ящика на один крок кожні 12 або 24 години. На звільнену площу сита знову завантажується замочене зерно. Солод перекидачем вивантажується в бункер 8 і транспортером передається в сушарку. У перших двох секціях зерно зволожується зрошувачем 4.

Зерно під час пророщування продувається кондиційованим повітрям для дихання та видалення вуглекислого газу, що утворюється в процесі дихання.

Замочене зерно вологістю 42–45% пророщують за температури 10–14 °С і відносній вологості повітря 100%.

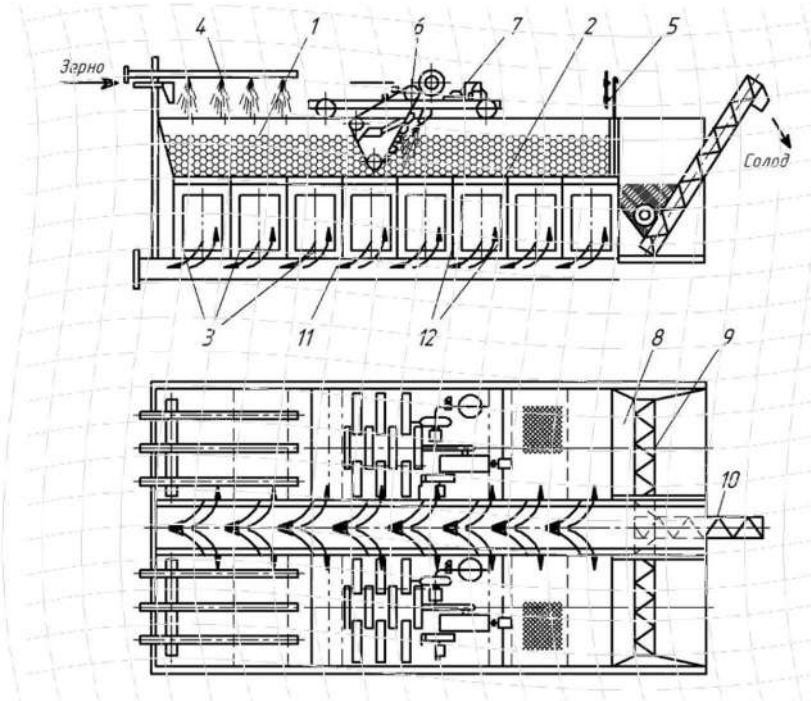


Рисунок 8.18. Пневматична ящикова солодовня з пересувною грядкою:
1 – пересувна грядка; 2 – сітчасте дно; 3 – канал; 4 – зрошувач; 5 – рухома перегородка; 6 – ковшовий перекидач солоду; 7 – візок перекидача; 8 – приймальний бункер; 9,10 – шнеки; 11 –повітропровід; 12 – вікна.

Барабанна солодовня *(рисунок 8.19).* Пневматичний солодоростильний барабан з плоским ситом виконаний у вигляді горизонтального циліндра 1 з двома бандажами 2, що опираються на дві пари роликів 3. До тягового бандажу прикріплена черв'ячна шестерня 4, яка перебуває в зачепленні з черв'яком 5, який обертає барабан 1. Усередині барабана закріплене плоске сито 7, на яке укладається замочене зерно. Для завантаження зерна і вивантаження свіжепророщеного солоду на корпусі барабана є люки 6. З торців барабан має по два днища: зовнішнє 8 і внутрішнє 10, що обмежують з торців робочу зону барабана, заповнену зерном.

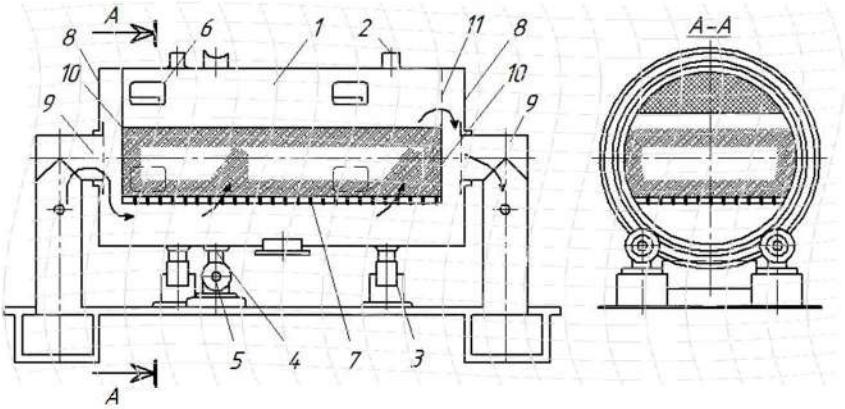


Рисунок 8.19. Солодоростильний пневматичний барабан:
1 – циліндричний барабан; 2 – бандаж; 3 – ролик; 4 – черв'ячна шестерня; 5 – черв'як; 6 – люки; 7 – плоске сито; 8 – зовнішні днища з отворами; 9 – повітроводи; 10 – внутрішні днища; 11 – сітка.

Між зовнішніми та внутрішніми днищами утворені камери для подачі кондиційованого повітря та видалення відпрацьованого повітря через повітропровід, закритий сіткою 11.

Пророщування зерна відбувається в повній ізоляції від зовнішнього середовища. Видалення вуглекислого газу і теплоти відбувається штучною вентиляцією зерна кондиційованим повітрям.

Перемішування солоду в процесі пророщування проводиться обертанням барабана 1–2 рази на добу на один оберт з малою швидкістю – один оберт за 45 хвилин.

Барабан заповнений зерном на 50–60% об'єму.

Замочене зерно через верхні люки 6 подається на сито 7 барабана 1. Люки закриваються і барабан приводять в рух для вирівнювання шару зерна.

Під час пророщування зерна барабан перебуває в нерухомому стані з нижнім горизонтальним розміщенням сита з зерном. Повітря подається лівим повітропроводом 9 і зазором, утвореним зовнішнім і внутрішнім днищами, проходить у простір під ситом, потім проходить через сітку 11, шар солоду та виводиться в правий повітропровід 9.

Під час обертання барабану провітрювання не проводиться, так як зерно закриває вихід повітря через сітку 11.

Барабани виготовляють об’ємом 20–35 тон сухого зерна, діаметром 2,3–3,7 м і довжиною 3–7 метрів.

8.3. Обладнання для засолювання та дозрівання м'яса і молочних продуктів

8.3.1. Обладнання для засолювання та дозрівання м'яса

На м'ясопереробних підприємствах для витримування м'яса в камерах дозрівання використовують візки, ковші та інші ємності об’ємом 200–250 літрів.

Розвиток ферментних процесів під час дозрівання м'яса призводить до накопичення в ньому речовин, що впливають на смак і аромат готових м'ясних продуктів.

Терміни дозрівання м'яса у першу чергу залежать від виду тварини та температурного режиму зберігання. Тривалість дозрівання за температури 0–2 ºС становить для яловичини 10–14 діб, м'яса курей і гусей 5–6 діб. Підвищення температури дозволяє скоротити процес дозрівання.

Підвищення швидкості біохімічних процесів в м'ясі можна досягти електростимулюванням туш. Низьке значення pH і досить висока температура м'яса сприяють інтенсивному проходженню ферментних реакцій, що викликають його розм'якшення.

Останнім часом в технологічній практиці використовують такі способи оброблення м'яса протеолітичними ферментами:

- введення розчину ферментного препарату через кровоносну систему шляхом ін'єкцій в організм тварини за життя;
- оброблення поверхні м'язів шляхом розбризкування розчину ферментів або нанесення порошкоподібних пом’якшувачів;
- занурення м'яса в розчин ферментів;
- внутрішньом'язове шприцювання.

В результаті витримування протягом 10–14 діб за низьких позитивних температур м'ясо дозріває та характеризується високими харчовими показниками. Їжа з дозрілого м'яса сприяє підвищенню апетиту, краще перетравлюється і засвоюється.

Обладнання для дозрівання м'яса можна поділити на три групи:

- машини для масування м'яса;
- уніфіковані підлогові візки;
- механізовані стелажі.

Машини для масування м'яса застосовують для механічного впливу на м'ясо після шприцювання з метою інтенсифікації процесу дозрівання шматків м'ясної сировини.

Одним із можливих способів механічного впливу є масування шматків сировини, яке досягається шляхом взаємного перемішування шматків м'яса відносно один одного і стінок рухомої ємності.

Машина *(рисунок 8.20.*) призначена для масування шматків м'ясної сировини під вакуумом з використанням в якості робочої ємкості уніфікованого візка. Машина складається зі станини 2, привода 4, вакуум-кришки 5, огорожі 6, вакуум-збірника 1, електрообладнання 3.

Візок з сировиною закріплюється вакуум-кришкою, яка складається з каркаса, встановленого консольно на робочому валу приводу, і забезпечена механізмом підйому та притискання візка до гумового ущільнювача. На кришці є спеціальний вакуум-клапан, через який вакуумують сировину**.**

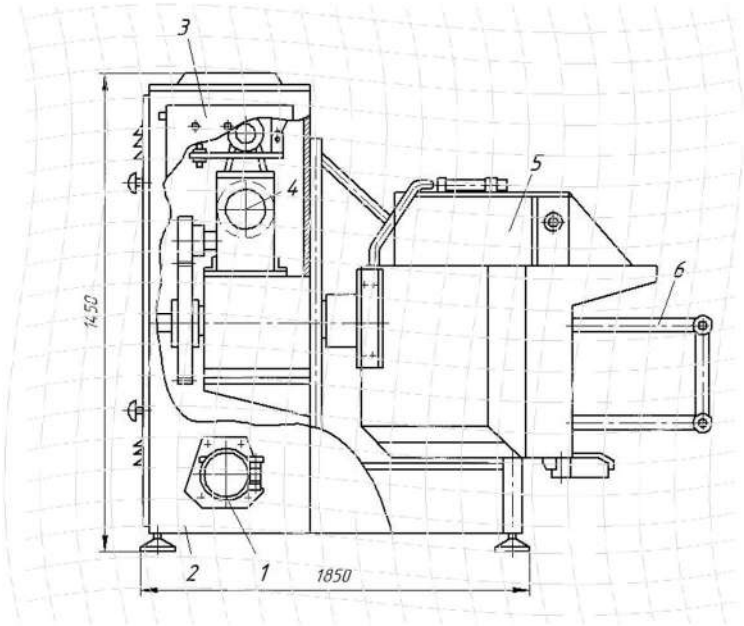


Рисунок 8.20. Машина для масування м'яса:
1 – вакуум-збірник; 2 – станина; 3 – електрообладнання;
4 – привід; 5 – вакуум-кришка; 6 – огородження.

Вакуум-збірник забезпечує захист вакуум-насоса від потрапляння в нього розсолу і частинок сировини. Він виконаний у вигляді гільзи, в якій розташований поршень для періодичного очищення збірника. Збірник забезпечений оглядовим склом.

Робота машини полягає в наступному. Підготовлену для дозрівання сировину укладають у візок, який вручну встановлюють на опори, піднімають у верхнє крайнє положення і притискають край візка до гумової прокладки кришки. Включають вакуум-насос і після досягнення в ємності тиску не більше 0,07 МПа включають привід. Візок з сировиною, здійснюючи обертальні рухи з частотою 0,14 об/с, забезпечує ковзання шматків м'яса один відносно одного в вакуумному середовищі. Залежно від розмірів шматків тривалість масування становить 30–60 хв.

Уніфікований підлоговий візок. На м'ясопереробних підприємствах для витримування м'яса в камерах дозрівання використовують різні візки, ковші та інші ємності об’ємом 200–250 літрів.

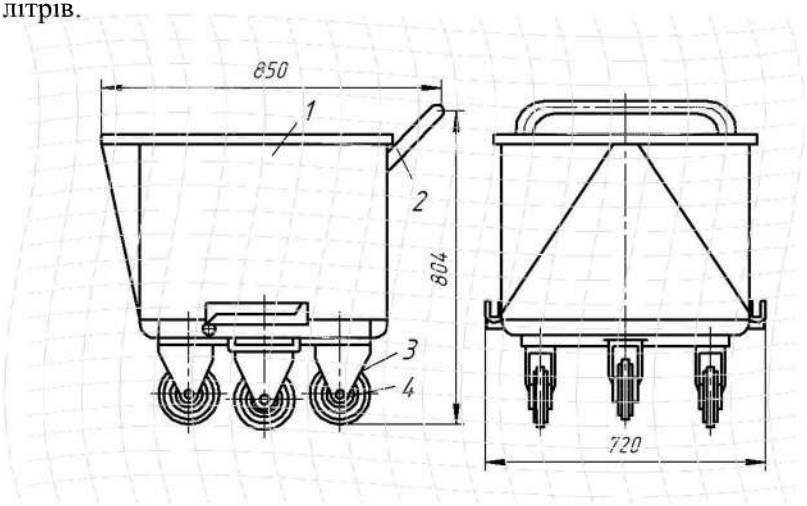


Рисунок 8.21. Уніфікований підлоговий візок.
1 – корпус; 2 – ручка; 3 – стійка; 4 – колесо.

Уніфікований підлоговий візок (*рисунок 8.21*) складається з корпусу 1, ручки 2, стійки 3 і коліс 4.

Використання уніфікованих візків дозволило ліквідувати операції перевантаження сировини в технологічному процесі, зменшити втрати сировини, створити умови для механізації праці.

Проте використання камери для дозрівання м'яса із застосуванням таких візків має низьку ефективність.

Механізований стелаж призначений для штабелювання механізованим способом візків і дозволяє збільшити коефіцієнт використання робочого об'єму камери для дозрівання м'яса.

Механізований стелаж (*рисунок 8.22*.) складається з кран-штабелера 1, центральної секції 2, бічної секції 3, ферми 4.

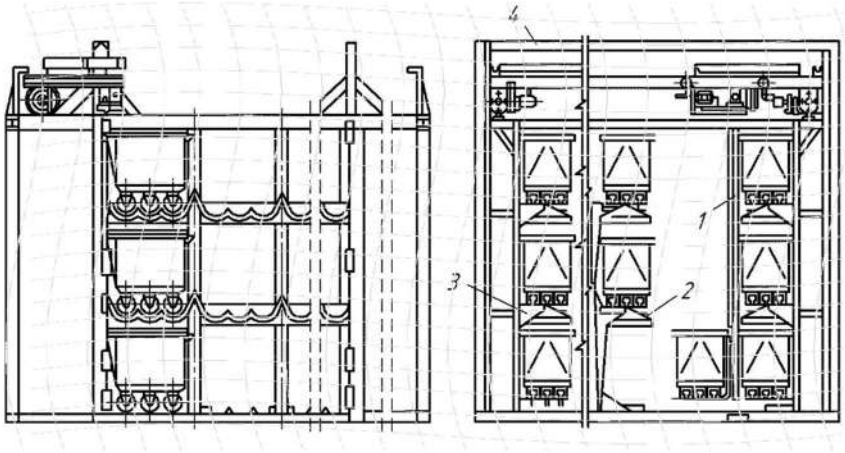


Рисунок 8.22. Механізований стелаж:
1 – кран-штабелер; 2 – центральна секція; 3 – бічна секція; 4 – ферма.

Робота стелажа полягає в наступному. Візок, наповнений подрібненим посоленим м'ясом, транспортують до стелажу. Вилами кран-штабелера візок піднімається під дно і фіксується. Кран-штабелер транспортує візок по проходу між рядами стелажа в зону установки та опускає візок на настил.

Візки встановлюють у три яруси.

8.3.2. Обладнання для засолювання і дозрівання молочних продуктів

Обладнання для дозрівання молочних продуктів (молока, вершків, сирів) класифікується відповідно за біотехнологічною ознакою:

- Обладнання для дозрівання і згортання молока (резервуари, сироварні ванни);
- Обладнання для дозрівання вершків (ванни, резервуари);
- Обладнання для засолювання і дозрівання сирів (басейни та контейнери для засолювання сирів).

Дозрівання молока полягає в його витримуванні за температури 8–12 ºС протягом 10–14 годин після очищення. Під час дозрівання змінюються фізико-хімічні властивості молока, збільшується кількість поліпептидів, знижується окислювально-відновлювальний потенціал, зростає кислотність, збільшуються розміри казеїнових міцел.

Для дозрівання вершки витримують 5–12 годин за температури 4–12 ºС.

Дозрівання сиру проводиться протягом 15–20 діб за температури в приміщенні 10–12 ºС з подальшим підвищенням температури до 15–20 ºС протягом 30 діб. До кінця дозрівання температуру знижують до 12–14 ºС.

Під час дозрівання молока та сиру послідовно протікають процеси: зброджування молочного цукру, гідроліз білків і розщеплення молочного жиру з подальшою зміною отриманих продуктів під дією ферментів, що мають різне походження – ферменти молока, сичужний фермент, ферменти мікроорганізмів.

Згортання білків молока сичужним ферментом є одним із найбільш важливих процесів у виробництві сиру.

Утворене сирне зерно в суміші з сироваткою надходить у формувальні пристрої або відділювачі сироватки.

Для витримування та дозрівання молока застосовують резервуари різного об’єму.

Для згортання молока у сироварінні застосовують ферменти тваринного походження – сичужний фермент і пепсин.

Згортання молока і оброблення згустку проводяться у спеціальних сироробних ваннах різного об’єму, забезпечених інструментом для перемішування та різання сирного згустку. Через бічний відбірник із ванн відкачують сироватку. Для кращого стоку передбачений нахил сироварної ванни.

Сироробна ванна (*Рисунок 8.23*) призначена для отримання сирного зерна і складається з двостінної ванни 3, різально-перемішувального механізму 2 і його приводу 6, гідравлічного домкрата 1 для нахилу ванни та сита для відбору сироватки, а також мірної лінійки 5, запірного клапана 9 для спуску сирного зерна в суміші з сироваткою.

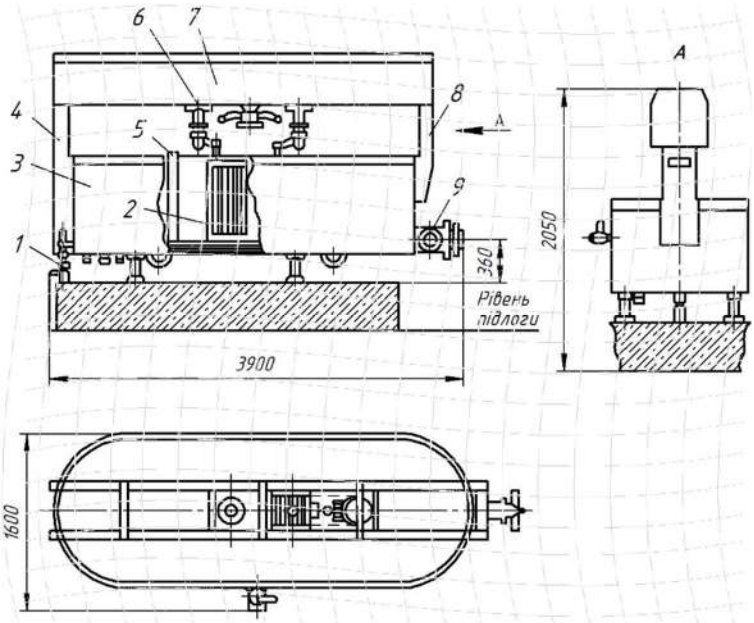


Рисунок 8.23. Сироробна ванна
1 – домкрат; 2 – різально-перемішувальний механізм;
3 – двостінна ванна; 4, 8 – колони; 5 – мірна лінійка;
6 – привід різально-перемішувального механізму; 7 – мостова конструкція;
9 – запірний клапан для спуску сирного зерна з сироваткою.

Двостінна ванна 3 є жорсткою конструкцією, внутрішня частина якої виготовляється з нержавіючої сталі.

Між зовнішнім і внутрішнім днищами встановлений барботер для підведення пари. Злив конденсату з сорочки відбувається через патрубок в нижньому днищі. Охолоджувальна вода через

перфоровану трубку, яка є бортом ванни, стікає між бічними стінками, омиваючи внутрішню ванну.

Клапан 9 для спуску з ванни зерна в суміші з сироваткою, розташований з боку, протилежного підвідним патрубкам води, пари та зливу води з сорочки.

Контроль за наповненням ємності молоком здійснюється за допомогою мірної лінійки 5.

Нахил ванни під час миття та перекачування з неї вмісту здійснюється гідравлічним домкратом, встановленим у колоні.

Для встановлення приводу різально-перемішувального механізму на колонах встановлена мостова конструкція 7, що складається з двох балок коробчастого перерізу.

Різально-перемішувальний механізм – це ножова рама з вертикальними поворотними ножами. Привід 6 різально-перемішувального механізму переміщується напрямними, привареними до балок.

Привід встановлений на коритоподібній платформі для уникнення потрапляння забруднень з приводу в ванну.

Привід ванни складається з горизонтально розташованого чотиришвидкісного двигуна, безступінчастого варіатора швидкості, черв'ячного редуктора і ланцюгової передачі.

Рушійний вал механізму (вертикальний вал черв'ячного редуктора) обертається від черв'ячного колеса. Другий вал механізму отримує рух від рушійного через ланцюгову передачу.

Принцип роботи ванни полягає в тому, що ванну наповнюють молоком зверху і включають привід.

Під час безперервного перемішування підігрівають молоко до температури згортання. В підігріте до потрібної температури молоко вносять бактеріальну закваску, розчин ферменту та інші компоненти. Суміш продовжують перемішувати до отримання однорідної маси. Після закінчення перемішування відключають двигун, згортання відбувається у стані спокою.

Коли згусток досягне бажаної густини, включають привід різально-перемішувального механізму для розрізання сирного згустку. Після чого відбирають потрібну кількість сироватки через патрубок, вварений у бічну стінку ванни, трьохходовий кран і сито, повішене на борт ванни.

Після відбору сироватки виконують друге нагрівання з перемішуванням, та підсушують зерно, після чого припиняють

подачу пари, і сирне зерно в суміші з сироваткою перекачують насосом або самопливом в формувальні пристрої або на відділювачі сироватки.

У виробництві сирів перед заповненням форм сирним зерном його відокремлюють від сироватки. Для цього використовують найчастіше відділювачі сироватки барабанного типу.

Отримана сирна маса надходить на вертикальний або горизонтальний прес для видалення частини сироватки та формувань.

Контейнер для засолювання сиру призначений для розміщення сичужних сирів після формування для засолювання у засолювальних басейнах.

Контейнер (*рисунок 8.24*) є металевим каркасом 1 з напрямними, на яких встановлюють робочі полиці 3. Контейнер забезпечений шістьма полицями, з яких п'ять є робочими, а шоста (верхня) зберігає сир від спливання під час занурення в сольовий розчин. З цією ж метою передбачено дві знімні решітки 2, встановлені з двох сторін контейнера.

Конструкція контейнера дозволяє робити завантаження його полиць за допомогою навантажувача.

Для засолювання сирів у розсолі використовують засолювальні басейни глибиною 1,2–1,8 м. Сир засолюють найчастіше у контейнерах.

У зв'язку з тим, що тривалість знаходження сирів у засолювальному басейні різна і складає 1–10 діб, площу басейну визначають виходячи з розрахункового навантаження на одиницю площі.

Залежно від маси головок сиру, якщо контейнери розміщенні у два яруси, то навантаження на 1 $м^2$ басейну може становити 400–800 кг продукту.

Сир для засолювання занурюється в басейни з розсолом і вивантажується в контейнерах за допомогою тельфера.

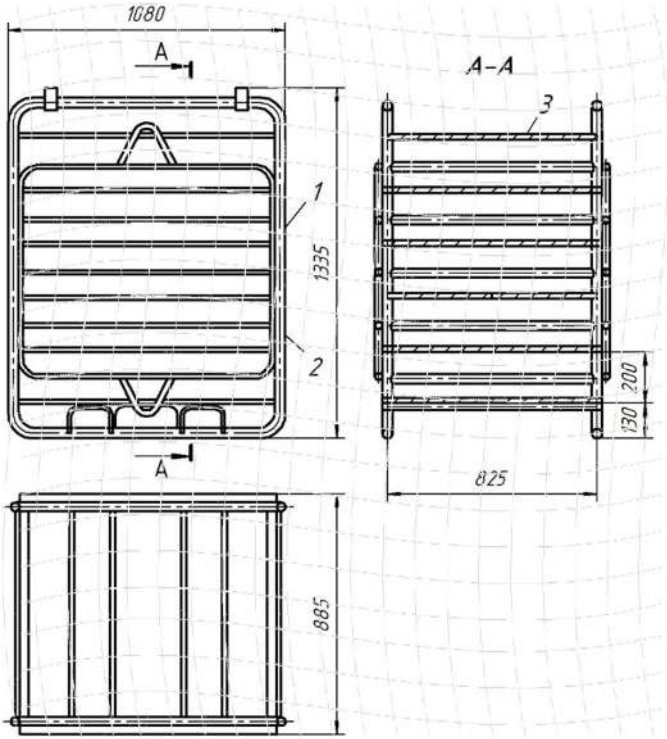


Рисунок 8.24. Контейнер для засолювання сиру
1 – металевий каркас; 2 – знімна решітка; 3 – робочі полиці.

Контейнер (рисунок 8.25) призначений для розміщення сирів після формування і засолювання на період дозрівання і зберігання.

Контейнер складається зі зварної рамної конструкції 2 з підставками 1 і 3, має напрямні, у які вставляються п'ять дерев'яних полиць 4. У нижній частині контейнера є пристосування для введення вилок механічних захоплювачів.

Конструкція контейнерів дозволяє встановити їх у триярусний штабель.

Застосування контейнерів і механічних транспортних засобів дозволяє механізувати транспортування сирів із засолювального приміщення у камери дозрівання і складські приміщення без додаткових перевантажень.

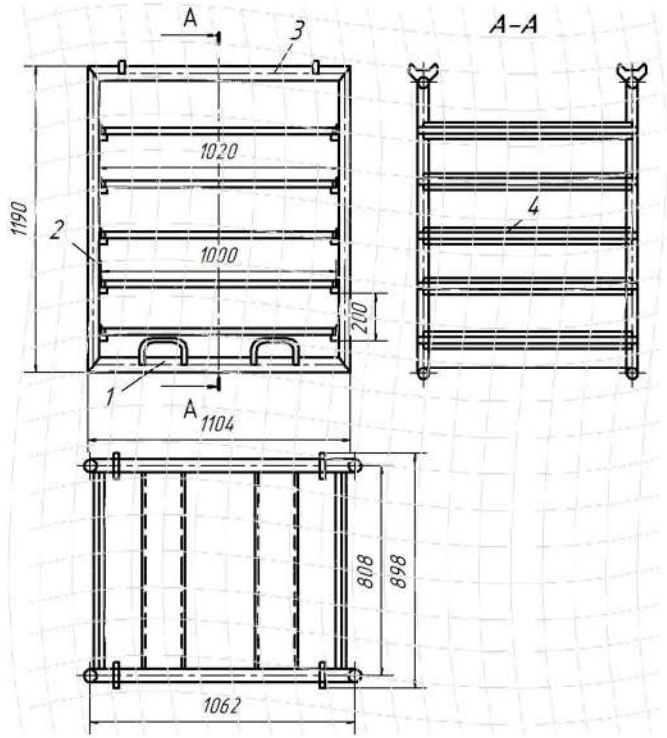


Рисунок 8.25. Контейнер:
1 – нижня основа; 2 – зварна рамна конструкція;
3 – верхня підставка; 4 – полиці.

8.4. Обладнання для копчення м'яса

Копчення – спосіб оброблення, за якого органолептичні показники виробів та їх стійкість до окислювального і бактеріального псування покращуються і залежать від складу компонентів диму та їх вмісту в продукті.

В процесі оброблення димом ковбасні, солено-копчені вироби та риба зазнають складних біохімічних змін.

Прогрівання фаршу до 40–45 ºС в центрі сприяє отриманню рожево-червонуватого забарвлення, поверхня виробів набуває міцності та запаху копченості. З метою надання сирокопченим

виробам особливих смакових якостей та стійкості під час зберігання використовують копчення холодним димом.

Коптильний дим є аерозолем, дисперсним середовищем у якому є несконденсовані гази, а також органічні сполуки, що знаходяться за даної температури у вигляді пари.

Осілі на поверхні продукту компоненти диму переносяться до центру виробу. Швидкість перенесення і глибина проникнення коптильних компонентів у продукт залежать від температури та тривалості копчення, властивостей і стану продукту.

Бактерицидна дія коптильного диму є результатом комбінованого впливу високої температури диму, зневоднення і асептичного впливу коптильних компонентів диму.

Обладнання для копчення м'яса і риби поділяють на три групи:

- автоматичні коптильні апарати та коптильні установки;
- термокамери універсальні та автоматизовані;
- димогенератори.

Автоматичні коптильні апарати та **коптильні установки** можуть бути призначені для холодного, напівгарячого і гарячого копчення. За конструкцією коптильні установки можуть бути: вертикальні, баштового типу і горизонтальні (тунельні та камерні).

Термокамери – теплові агрегати періодичної дії, в яких оброблювані вироби знаходяться в нерухомому стані та послідовно піддаються підсушуванню, обсмажуванню та варінню. Термокамери розділяють на варильні, обсмажувальні, коптильні, кліматичні, охолоджувальні та універсальні.

Димогенератори призначені для вироблення промислового диму і застосовуються для холодного і гарячого копчення всіх видів м'ясних продуктів.

Димогенератори можуть бути розташовані в камері, де відбувається копчення, або винесені за її межі.

Стаціонарна коптильна камера - це камера, в нижній частині якої розташована топка, де спалюють паливо для отримання диму або обігрівання камери. Вона оснащена підвісними шляхами для подачі продукту на рамах. У центрі топки укладають дрібно нарубані дрова, засипають їх тирсою і підпалюють. Відносну вологість підтримують у межах 60–65%.

Стаціонарна коптильна камера проста в обслуговуванні та зручна для завантаження продукту на рамах.

Коптильна камерна установка (*Рисунок 8.26*) призначена для копчення м'яса, птиці, риби та складається із коптильної камери з циркуляційним вентилятором 5, теплообмінників 4 і 10, димових каналів 2 і 6, повітропроводів, приладів контролю і управління.

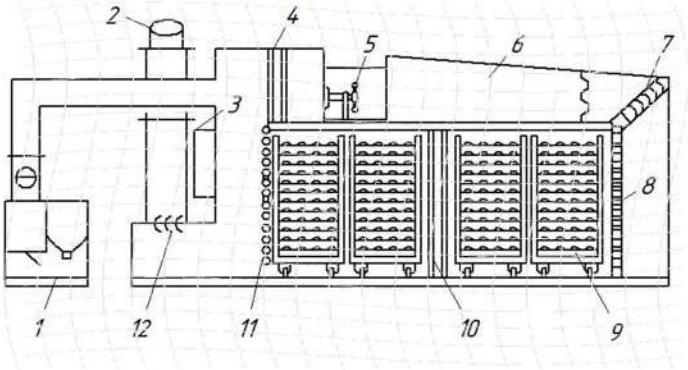


Рисунок 8.26. Коптильна камерна установка
1 – димогенератор; 2, 6 – димові канали; 3 – блок управління;
4, 10 – теплообмінники; 5 – циркуляційний вентилятор; 7, 12 – шибери;
8 – вхідна диморозподільна решітка; 9 – візок;
11 – вихідна диморозподільнча решітка.

Коптильна камера має вхідну 8 і вихідну 11 диморозподільні решітки. Продукт на рамах встановлюють на візках 9. Потрібна температура димоповітряної суміші, що циркулює в камері, підтримується за допомогою основного, а за необхідності – додаткового теплообмінника із паровим або електричним нагріванням. Для холодного копчення нагрівання теплообмінників здійснюють гарячою водою з температурою 75 ºС.

Кількість димоповітряної суміші регулюється шиберами 7 і 12. Кількість димогенераторів залежить від продуктивності установки.

Автоматизована термокамера призначена для теплового оброблення варених і напівкопчених ковбас, сосисок та сардельок. Вона складається з трьох секцій трубопроводів (*рисунок 8.27*), повітроводів 4 та 8, щитів управління, що забезпечують єдиний технологічний цикл теплового оброблення ковбасних виробів: підсушування, обсмажування та копчення.

Робоче середовище під час підсушування, обсмажування та копчення подається вентилятором на калорифери, де нагрівається до 100–105 ºС і надходить на розподільники повітря. Проходячи через раму з ковбасними виробами, робоче середовище надходить через повітроводи на вентилятор рециркуляції.

Після закінчення режиму «Обсмажування» вентилятор відключається і включається подача води на охолодження термокамери до 80–85 ºС, після досягнення якої включається подача пари на варіння.

В процесі копчення дим вводиться в циркуляційну систему в нижню частину камери.

Підсушування, обсмажування, копчення проводять циклічно і послідовно. Тунель може працювати в автоматичному режимі за заданими параметрами часу і температури.

Термокамера є збірною конструкцією, що складається з торцевих панелей з дверима 20, зовнішніх і внутрішніх бічних панелей 7, заповнених теплоізоляційним матеріалом, на яких розташовані калорифери 15, напірних повітроводів 18.

Для регулювання кількості повітря і диму, а також видалення частини середовища на поличній панелі 9 змонтовані вентиляційні установки, що складаються з вентилятора 10, електродвигуна 12, підшипникового вузла 11, повітропроводів підсмоктування повітря, диму і викиду середовища.

На поличній панелі у камері встановлені повітроводи відсмоктування робочого середовища на рециркуляцію і повітроводи викиду частини вологою робочого середовища, робота яких регулюється заслінкою.

За допомогою колектора 19 пара подається на калорифери та на варіння, конденсат відводиться від калориферів колектором 17. Температуру всередині камер після обсмажування знижують, поливаючи стінки калорифера водою з колектору зрошення 13 і водяного колектору 14.

У процесі роботи ковбасні вироби завантажують у термокамери на підвісних або підлогових рамах, які переміщують підвісним шляхом 5, закріпленим на поличній панелі за допомогою підвісок 6.

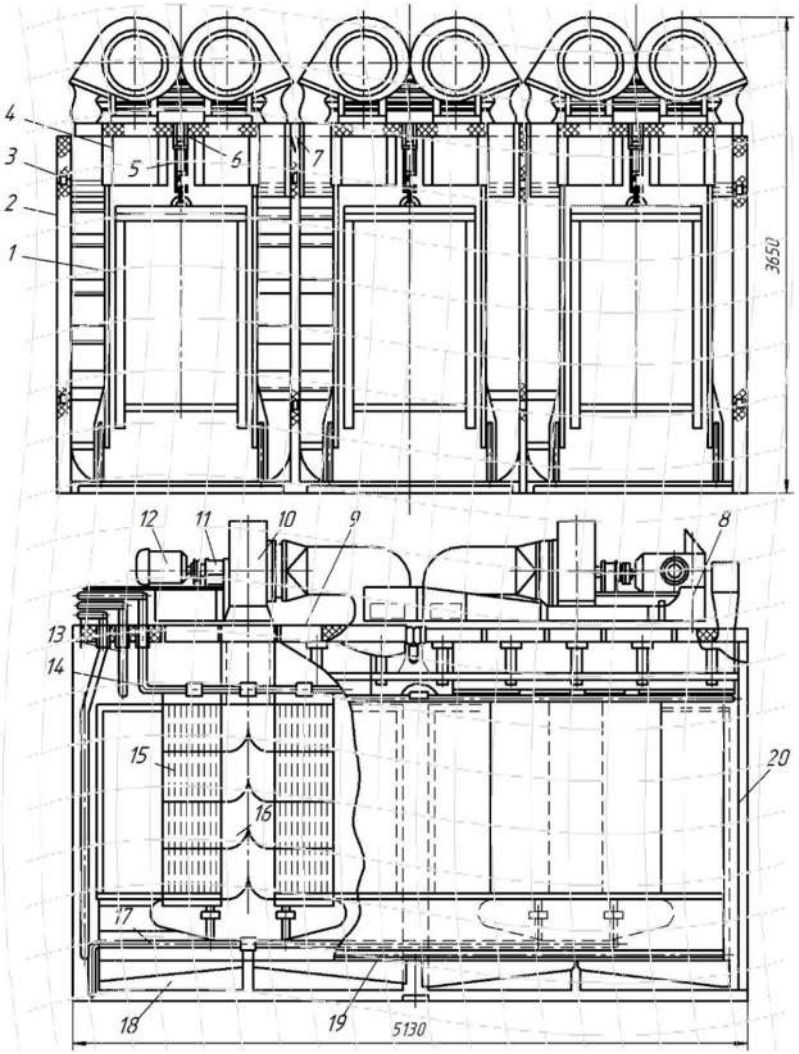


Рисунок 8.27. Автоматизована термокамера:
1 – рама; 2 – теплоізоляційний матеріал; 3, 7, 9, 20 – панелі огорожі; 4, 8 – повітроводи; 5 – підвісний шлях; 6 – підвіска; 10 – вентилятор; 11 – підшипниковий вузол; 12 – електродвигун; 13 – колектор зрошування; 14 – водяний колектор; 15 – калорифер; 16 – напірний повітропровід; 17, 19 – колектор; 18 – розподільник повітря.

Димогенератор призначений для вироблення промислового диму, що використовується для холодного і гарячого копчення всіх видів м'ясних продуктів. Димогенератор (*рисунок 8.28*) є двосекційним апаратом прямокутної форми, виконаним у вигляді двох камер - згоряння тирси та очищення диму.

Камера згоряння - це циліндр, всередині якого на опорному кільці 5 змонтована колосникова решітка 6. На неї укладають два трубчастих електронагрівачі 7 для розпалювання тирси.

Колосникові решітки очищаються від попелу обертальною гребінкою 4. Під камерою встановлений ящик для збору попелу 2. Попіл вивантажується в ящик за допомогою лопатки 3.

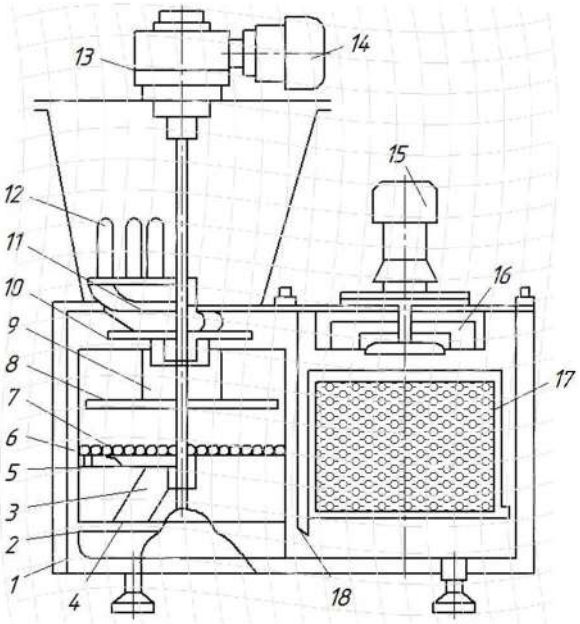


Рисунок 8.28. Димогенератор:
1 – дверцята; 2 – ящик для збору золи; 3 – лопатка; 4 – гребінка; 5 – опорне кільце; 6 – колосникові решітки; 7 – трубчасті електронагрівачі; 8 – мішалка; 9 – дозатор; 10 – зрошувач; 11 – бункер; 12 – зворушувач; 13 – редуктор; 14 – електродвигун; 15 – електродвигун; 16 – вентилятор; 17 – кошик з фарфоровими кільцями; 18 – перфорована трубка.

Над камерою згоряння знаходиться бункер 11 з тирсою зі зворушувачем тирси 12, який приводиться в рух від двигуна 14 і редуктора 13. Кількість тирси, що подається на колосникові решітки, регулюється дозатором 9. Під час обертання мішалки 8 тирса розподіляються рівномірно. Для гасіння полум'я в разі загоряння тирси у верхній частині камери під колосниковими решітками змонтований зрошувач 10. В камері очищення диму, що має прямокутну форму, на опорній рамі встановлений кошик 17 з фарфоровими кільцями, які виконують роль фільтрів для очищення диму від канцерогенних, смолистих речовин і попелу. Для додаткового очищення диму перед камерою створюється водяна завіса за допомогою перфорованої труби 18. Для витягування диму над камерою очищення змонтований вентилятор 16, що приводиться в рух двигуном 15. Для контролю і регулювання температури диму в камері згоряння встановлені термометр і терморелє.

Фарфорові кільця періодично промиваються водою, для цього в підставці димогенератора вмонтований патрубок з краном для зливання води.

Питання для самоперевірки

1. Наведіть приклади біотехнологічних процесів у харчових виробництвах.
2. На чому базуються біотехнологічні процеси?
3. Як називають апарати для проведення біотехнологічних процесів?
4. Класифікація обладнання для біотехнологічних процесів.
5. На які дві групи ділиться обладнання для мікробіологічних процесів?
6. Конструкція дріжджеростильного апарату.
7. Конструкція апарату головного бродіння пива. Час та режими бродіння.
8. Конструкція апарату горизонтального типу для доброджування пива. Час та режими бродіння.
9. Конструкція апарату для прискореного виробництва пива.
10. Конструкція апарату для зброджування сусла у виробництві спирту.
11. Схема установки для безперервного зброджування сусла під час виробництва вина.
12. Конструкція бродильно-купажного апарату для хлібного квасу.
13. Які є способи бродіння опари і тіста? Що є обладнанням для бродіння опари і тіста?
14. Конструкція підкатної діжі для бродіння тіста.
15. Схема тістоготувального агрегату кільцевого типу.
16. Конструкція і принцип дії п’ятисекційного бункера для бродіння тіста.
17. Конструкція і принцип дії шестисекційного бункера для бродіння тіста.
18. Конструкція і принцип дії коритоподібного бункера для бродіння тіста.
19. Схеми обладнання для попереднього вистоювання тістових заготовок.
20. Конструкція вистійної шафи з вертикальним колисковим конвеєром.
21. Мета і режими кінцевого вистоювання тістових заготовок.
22. Які найпоширеніші форми конвеєрних шаф для вистоювання тістових заготовок?

23. Конструкції конвеєрних шаф вистоювання.
24. Суть процесу виробництва солоду.
25. Конструкція пневматичної ящикової солодовні з пересувною грядкою.
26. Конструкція пневматичної солодоростильної установки барабанного типу.
27. Суть процесів засолювання та дозрівання м’яса.
28. Способи оброблення м'яса протеолітичними ферментами.
29. Конструкція машини для масування м'яса.
30. Підлоговий візок та механізований стелаж для витримування м'яса в камерах дозрівання.
31. Як класифікується обладнання для дозрівання молочних продуктів (молока, вершків, сирів) за біотехнологічною ознакою?
32. Які процеси відбуваються під час дозрівання молока, вершків і сиру?
33. Конструкція сироробної ванни.
34. Конструкція контейнера для засолювання сиру.
35. Які процеси відбуваються під час копчення м’яса?
36. На які групи поділяють обладнання для копчення м'яса і риби. Наведіть приклади обладнання.
37. Схема коптильної камерної установки для м'яса, птиці та риби.
38. Конструкція автоматизованої термокамери для теплового оброблення варених і напівкопчених ковбас, сосисок та сардельок.
39. Схема димогенератора для холодного і гарячого копчення всіх видів м'ясних продуктів.

Розділ 9.

Технологічне обладнання для оброблення харчових продуктів електрофізичними та мембранними методами

До даної групи відноситься технологічне обладнання, у якому застосовуються нетрадиційні способи оброблення харчових продуктів із використанням специфічних властивостей матеріалу під час нагрівання і робочих елементів обладнання під час фільтрування. Це дозволяє або інтенсифікувати процеси оброблення або отримати результати оброблення, недоступні звичайними способами.

Принцип дії такого обладнання заснований на впливі електромагнітних полів, що створюються спеціальними генераторами, або електричного струму на матеріал, що підлягає тепловому обробленню, а також використання напівпроникних полімерних або керамічних мембран, здатних за певних умов розділяти розчин харчового продукту на його окремі компоненти.

Харчові середовища та продукти мають певні електрофізичні властивості – діелектричну проникність і електропровідність.

Діелектрична проникність характеризує поляризацію діелектриків під дією електричного поля, в результаті чого енергія змінного електричного поля перетворюється в теплоту під час переполяризації діелектриків, якими є більшість харчових середовищ.

Максимум виділення теплової енергії припадає на інфрачервону область спектра електромагнітного поля в діапазоні $10^{12} – 10^{13}$ Гц.

Електропровідність – здатність тіла пропускати електричний струм під впливом електричного поля.

Такі властивості мають метали (електронна провідність) та електроліти, в яких присутні іони, що зумовлюють проходження електричного струму (іонна провідність).

Радіохвилі, світло, рентгенівське і гамма-випромінювання мають одну фізичну природу та є електромагнітними хвилями різної довжини. Причому між сусідніми діапазонами немає різких меж (таблиця 9.1).

Таблиця 9.1

Властивості електромагнітних хвиль

Частота ν, Гц	**Довжина хвилі λ, м**	**Назва діапазону**	**Джерела. Основні методи генерування**
10^3	$3\cdot10^5$- $1\cdot10^5$	Радіохвилі	Змінні струми у провідниках і електронних потоках (генератори радіочастот, генератори НВЧ)
10^{12}	$30\cdot10^{-4}$	Інфрачервоне (ІЧ) випромінювання	Випромінювання атомів і молекул під час теплових та електричних впливів
$3{,}75\cdot10^{14}$	$8\cdot10^{-7}$	Видиме світло	
$7{,}5\cdot10^{14}$	$4\cdot10^{-7}$		
$3\cdot10^{17}$	10^{-9}	Ультрафіолетове (УФ) випромінювання	Випромінювання атомів під час впливів прискорених електронів
$3\cdot10^{20}$	10^{-12}	Рентген	Атомні процеси під час впливу прискорених заряджених частинок
10^{23}	$3\cdot10^{-15}$	Гамма-випромінювання	Ядерні процеси, радіоактивний розпад, космічні процеси

Довжина λ і частота ν електромагнітних хвиль пов'язані між собою співвідношенням

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

де с – швидкість світла.

Технологічне обладнання для оброблення харчових продуктів електрофізичними та мембранними методами може бути представлено наступними підгрупами:

- обладнання для оброблення харчових продуктів електричним струмом;
- обладнання для оброблення харчових продуктів електромагнітними хвилями;
- обладнання для оброблення розчинів харчових продуктів мембранними методами.

9.1. Обладнання для оброблення харчових продуктів електричним струмом

Обладнання для оброблення в електростатичному полі застосовують для проведення процесів копчення м'яса і риби, очищення газів, нанесення консервувальних речовин на поверхню продукту, сепарації зерна, чаю, олійного насіння тощо.

Установка для оброблення харчових продуктів в електростатичному полі (рисунок 9.1.) Має вигляд камери з електродами, до якої підводиться постійний струм високої напруги (до 90000 В). Частинки коптильного диму або пилу під час входження в електростатичне поле отримують спрямований рух до осаджувальних електродів. Осілі на поверхні продукту частинки коптильного диму надалі дифундують в продукт, в результаті чого змінюються властивості продукту, колір, аромат, смак, а також досягаються бактерицидний та антиокислювальний ефекти.

Тривалість копчення залежить від напруги. Так, за напруги 25000 В тривалість копчення продукту складає 20–80 хв. залежно від продукту. Під час традиційного способу копчення тривалість процесу складає близько 24 годин.

Рисунок 9.1. Структурна схема коптильної камери з блоком електрокопчення:
1 – димогенератор; 2 – коптильна камера; 3 – блок електрокопчення.

Останнім часом знайшло застосування оброблення харчових продуктів електричним струмом промислової частоти для розморожування та запікання м'яса і м'ясних продуктів, випікання

хліба, оброблення подрібненої рослинної сировини для отримання соку (електроплазмоліз), сушіння харчових матеріалів. Для цього використовують електроконтактний спосіб нагрівання, коли електричний струм промислової частоти частотою 50 Гц і напругою 220/380 В пропускають через продукт, в результаті чого відбувається виділення теплоти в об'ємі продукту, що забезпечує швидке і рівномірне нагрівання.

Принципова схема **установки електроконтактного нагрівання для випікання хліба** або запікання м'ясного фаршу наведена на рисунку 9.2. Форма 1 виготовлена із діелектричного матеріалу, дві торцеві стінки якої є металевими електродами 2, до яких підведено електричний струм. Напруга і сила струму контролюються вольтметром 4 і амперметром 3, та регулюються за допомогою трансформатора 5.

Принцип роботи полягає в тому, що до електродів форми, заповненої продуктом, підводиться електричний струм промислової частоти 50 Гц, під час проходження якого продукт (маса) нагрівається.

Час нагрівання значно скорочується порівняно із традиційним радіаційно-конвективним способом нагрівання.

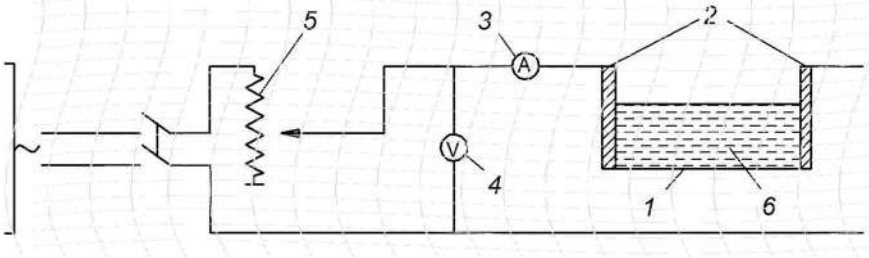


Рисунок 9.2. Установка для електроконтактного випікання:
1 – форма; 2 – металеві електроди; 3 – амперметр;
4 – вольтметр; 5 – трансформатор; 6 – продукт.

Недоліком електроконтактного нагрівання є відсутність зовнішньої скоринки під час випікання хліба, технічно складно підвести електричний струм до кожної форми в потоці, забезпечивши безпеку персоналу.

Електроплазмоліз

Оброблення електричним струмом використовують для проведення плазмолізу рослинної сировини під час отримання соку. Суть процесу електроплазмолізу полягає в руйнуванні мембранних оболонок рослинних клітин під дією електричного струму. Як правило, використовують змінний струм промислової частоти 50 Гц напругою 220/380 В.

Ефект електрооброблення залежить від електропровідності матеріалу, прикладеної напруги та відстані між електродами.

Вихід соку у подальшому пресуванні збільшується на 8–10%.

На рисунку 9.3 представлено однобарабанний електроплазмолізатор, який складається з корпусу 1, у якому розміщений барабан 2 з трьома рядами рухомих лопатей 3, металевих перфорованих пластин 5 з діелектричними боковинами. Перфоровані пластини (електроди) у верхній частині закріплені на осі 6, що дозволяє регулювати величину затору між барабаном і пластинами за допомогою регулювальних болтів.

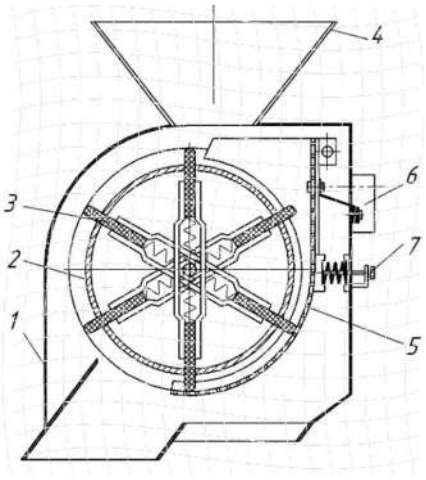


Рисунок 9.3. Електроплазмолізатор
1 – корпус; 2 – барабан; 3 – лопаті; 4 – бункер;
5 – металеві перфоровані пластини; 6 – вісь; 7 – клемна коробка;
8 – регулювальні болти.

У верхній частині корпусу розміщений бункер 4 для сировини, бічні поверхні якого покриті ізоляційним матеріалом. За допомогою клемної коробки 7 електродні перфоровані пластини підключені до джерела змінного струму, до боковин барабану підключений дріт заземлення.

Принцип роботи апарату полягає в тому, що в бункер 4 завантажується попередньо подрібнена сировина, яка за допомогою лопатей 3 барабана 2 надходить в електродний простір, утворений корпусом барабану і перфорованими пластинами 5.

Сировина, проходячи у зазорі (3–15 мм), замикає електричний ланцюг. Електричний струм, проходячи через шар сировини, руйнує мембранні перегородки рослинних клітин, що збільшує вихід соку і полегшує процес подальшого пресування.

Частина соку витікає через перфоровані пластин, а мезга виводиться з апарату і піддається пресуванню.

Валкові електроплазмолізатори

Розглянемо валковий електроплазмолізатор для електричного впливу на фрукти та ягоди під час їх подрібнення (рисунок 9.4).

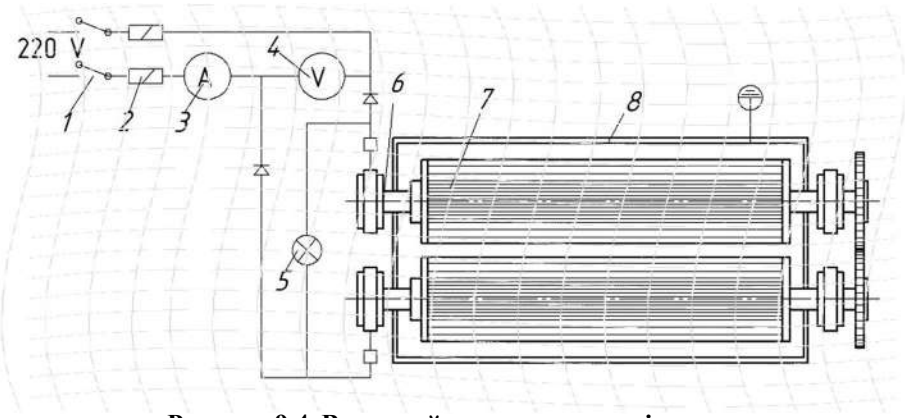


Рисунок 9.4. Валковий електроплазмолізатор:
1 – рубильник; 2 – запобіжник; 3 – амперметр; 4 – вольтметр;
5 – контрольна лампа; 6 – щітки; 7 – валки; 9 – станина.

Плазмолізатор складається із горизонтальних валків 7, виготовлених із корозійностійкої сталі, які разом із підшипниковими вузлами встановлені на діелектричній станині 8. Під час роботи на електроди подають струм напругою 220 В та силою 50–75 А. Сировина безперервно проходить між валками і замикає електричне коло. Час оброблення – менше секунди. Відстань між валками для плодів і ягід складає 1–3 мм, для плодів із кісточками – близько 5 мм.

Після оброблення подрібненої сировини струмом вихід соку збільшується до 8 відсотків.

9.2. Обладнання для оброблення харчових продуктів електромагнітними хвилями

Більшість харчових продуктів і середовищ за своїми електричними властивостями подібні діелектрикам. Вони мають високу діелектричну проникність та низьку електропровідність, і тому швидко нагріваються в електромагнітному полі високочастотних (ВЧ) і надвисокочастотних (НВЧ) установок.

Перевага високочастотних установок полягає у рівномірному об'ємному нагріванні продукту незалежно від його товщини та теплофізичних властивостей. Тривалість нагрівання визначається кількістю підведеної енергії.

Високочастотне нагрівання засноване на тому, що із дією на діелектрик змінного електричного струму молекули діелектрика приходять в коливальний рух з частотою поля, водночас частина енергії витрачається на подолання тертя між молекулами діелектрика і перетворюється в теплоту, нагріваючи тіло. Кількість теплоти пропорційна квадрату напруги і частоті струму. Особливо ефективне використання НВЧ-нагрівання в процесах випікання і сушіння.

Під час високочастотного випікання не вдається отримати скоринку хліба. Тому доцільно застосовувати комбінований спосіб, тобто високочастотне і радіаційне випікання. Якісні показники хліба, випеченого комбінованим способом, краще, ніж хліба, випеченого радіаційним нагріванням.

Найбільшого поширення отримали НВЧ установки потужністю до 1 кВт, призначені для приготування і розігрівання їжі.

Високочастотна установка для оброблення молока (рисунок 9.5). Перед сепаруванням продуктивністю 6000 л/год Установка складається з системи коаксіальних труб 1 (труба в трубі), ізольованих між собою ізоляційними вставками 4.

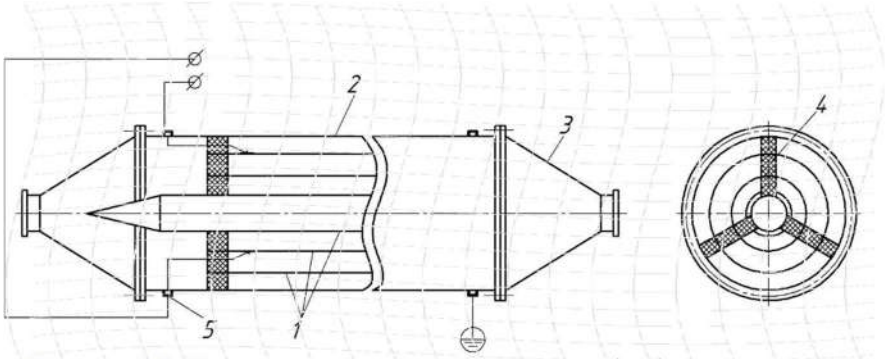


Рисунок 9.5. Установка для високочастотного оброблення молока:
1 – внутрішні труби; 2 – зовнішня труба; 3 – корпусний перехід;
4 – ізолятори; 5 – клемні з'єднання.

Система складається з чотирьох труб діаметром 50, 116, 182 і 250 мм. Між внутрішніми та зовнішніми поверхнями труб створюється рівномірне електричне поле високої частоти. Зовнішня труба заземлена.

Електричне поле створюється високочастотним генератором потужністю 80 кВт.

Оброблення молока в електричному полі високої частоти перед сепаруванням дозволяє знизити вміст жиру в знежиреному молоці у 8 разів.

Установка для магнітного оброблення харчових продуктів

Оброблення магнітними полями застосовується для зниження жорсткості води та впливу на біологічні об'єкти.

Для магнітного оброблення харчових продуктів використовують два типи установок – з електромагнітами і комутуючими магнітними приставками.

Установка з електромагнітами (рисунок 9.6) складається з корпусу 1 у вигляді труби, в середині якої розміщена електромагнітна система, що складається з декількох намагнічених котушок 2, полюсних кілець 3 і сердечника 4.

Діелектричний кожух електромагніта закрито конусною гайкою 7 і фланцем 13. Рідина, проходячи зі швидкістю 1–3 м/с через щілину 8 між магнітом і корпусом, перетинає магнітні поля і оброблюється. Інтенсивність оброблення води регулюють напруженістю магнітного поля в залежності від вмісту солей у воді.

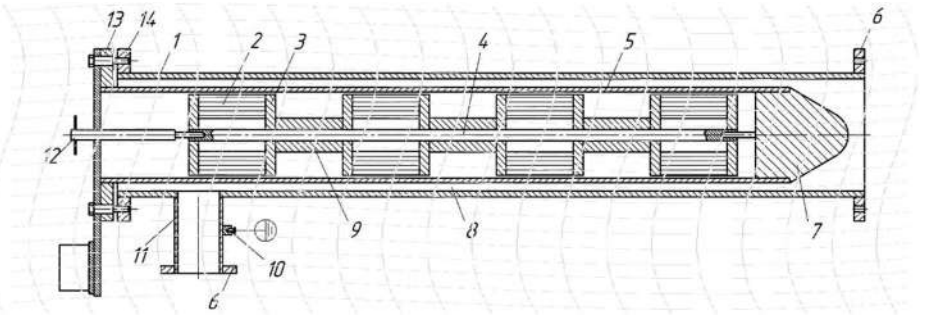


Рисунок 9.6. Апарат для електромагнітного оброблення води:
1 – корпус; 2 – електромагнітні котушки; 3 – полюсні кільця;
4 – сердечник; 5 – діелектричний кожух; 6, 13, 14 – фланці;
7 – конусна гайка; 8 – робочий проміжок; 9 – розпірна муфта;
10 – заземлення; 11 – патрубок; 12 – регулювальний гвинт.

Магнітно-імпульсні установки використовують для «холодної» пастеризації харчових продуктів, розфасованих в герметично закупорену тару з немагнітного матеріалу.

Установка для сушіння хрусткої картоплі в полі струмів НВЧ на кінцевій стадії технологічного процесу. Тунельна сушильна камера (рисунок 9.7), виконана з нержавіючої сталі, обладнана установкою з магнетроном струмів НВЧ 1 потужністю 25 кВт і частотою випромінювання 275 МГц. В кінці тунелю встановлений уловлювач 2 для енергії, що непоглинута продуктом.

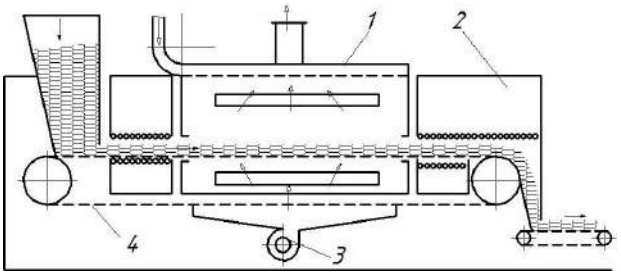


Рисунок 9.7. Установка для сушіння хрумкої картоплі в полі струмів НВЧ:
1 – магнетрон; 2 – уловлювач непоглинутої енергії; 3 – вентилятор;
4 – конвеєр.

Сушіння картоплі здійснюється на конвеєрі 4, продуктивність якого залежить від вологості продукту. Завдяки тому, що під час сушіння в полі струмів НВЧ хрустку картоплю виймають з олії з більш високою вологістю, продуктивність ліній збільшується на 5–10%. Температура середовища робочої камери підтримується близько 100 °С, час оброблення складає 2,5–4 хв.

Обладнання для оброблення харчових продуктів інфрачервоним випромінюванням

Інфрачервоне (ІЧ) випромінювання знайшло широке застосування в технологічних процесах для інтенсифікації теплової оброблення харчових продуктів.

Особливістю застосування ІЧ-випромінювання в харчовій промисловості є можливість проникнення електромагнітної хвилі в капілярно-пористі тіла, якими є багато харчових продуктів (зерно, хліб, борошно тощо), на глибину до 10 мм. Ця величина залежить від характеру поверхні, структури, властивостей матеріалу і частотної характеристики випромінювання. Чим вище частота випромінювання і коротше довжина хвилі, тим вище проникність. ІЧ-випромінювання надає не тільки термічний, а також біологічний вплив на продукт, сприяє прискоренню біохімічних перетворень у біологічних полімерах (білок, крохмаль, ліпіди).

Промисловим джерелом ІЧ-випромінювання є електричні ІЧ-лампи і керамічні випромінювальні блоки. Залежно від довжини хвилі випромінювачі діляться на світлі та темні. До світлих відносяться такі, в спектрі яких знаходиться область видимого випромінювання.

Піч з ІЧ електрообігріванням (рисунок 9.8) призначена для випікання дрібноштучних булочних і борошняних кондитерських виробів. Виконана у вигляді металевої конструкції, що складається з двох секцій довжиною 5 м кожна, тунельної пекарної камери 3, в якій зверху над сітчастим подом 2 розміщено 10 блоків із шістьма кварцовими інфрачервоними випромінювачами 5 і десять блоків нагрівачів 4 із трьома ТЕНами під подом.

Піч обладнана пристроєм 9 для гігротермічного оброблення тістових заготовок, приводної 1 і натяжної 6 станцій, системи контролю і автоматизації.

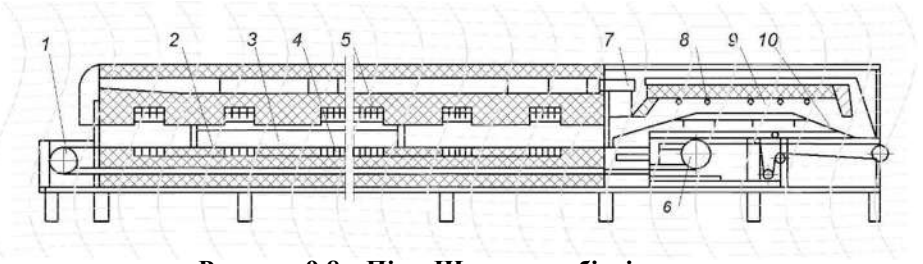


Рисунок 9.8. Піч з ІЧ електрообігріванням
1 – приводна станція; 2 – сітчастий під; 3 – пекарна камера;
4 – блок нагрівачів ТЕНів; 5 – блок інфрачервоних нагрівачів;
6 – натяжна станція; 7 – витяжна система; 8 – парозволожувальні трубки;
9 – пристрій для гігротермічного оброблення;
10 – сітчастий конвеєр.

Пристрій для гігротермічного оброблення заготовок є окремою секцією з камерою, виконаною у вигляді ковпака. Усередині останнього проходить сітчастий конвеєр 10, який має крайні похилі і середню горизонтальну ділянки. В ковпак за допомогою перфорованих труб 8 подається пара.

В печах з інфрачервоним випромінюванням тривалість випікання скорочується в залежності від маси і форми виробів на 20–30% завдяки проникній здатності інфрачервоного випромінювання в поверхневі шари тістових заготовок.

Обладнання для ультрафіолетового опромінювання харчових матеріалів

Ультрафіолетове (УФ) випромінювання – невидима частина світлових променів з довжиною хвилі 60–40 мкм. Особливістю УФ променів є здатність викликати у продукті хімічні зміни, тобто фотохімічний ефект.

Виникнення фотохімічного ефекту в клітинах мікроорганізмів супроводжується їх інактивацією і відмиранням. Найбільш ефективний вплив мають промені з довжиною хвилі 255–280 мкм. Під дією УФ-випромінювання відмирання мікроорганізмів відбувається на поверхні продукту, в шарі, глибина якого не перевищує 0,1 мкм. На ефективність опромінювання впливає характер поверхні продукту. На шорсткій поверхні спори мікроорганізмів зберігаються.

Як джерело УФ-випромінювання використовують спеціальні ртутні лампи, принцип дії яких полягає в тому, що пари ртуті під дією електричного струму випромінюють яскраво зеленувате світло, збагачене УФ-променями. Скляну оболонку лампи виготовляють кварцевою або увіолевою.

Увіолеве скло завдяки відсутності в ньому оксидів Fe_2O_3, V_2O_3 і сульфідів важких металів має підвищену проникність УФ-випромінювання.

Для оброблення харчових матеріалів використовують два основних типи апаратів: із зануреними і незануреними джерелами УФ-випромінювання.

Перші мають більш високий коефіцієнт використання, але конструктивно складніші.

Установка для стерилізації рідких харчових продуктів (молока, соків) УФ-випромінюванням представлена на рисунку 9.9. Установка складається з приймальної ємності 1, трубопроводу 2, колектора 3, пластини 4, УФ-лампи 5, встановлених в бічних частинах корпусу 6.

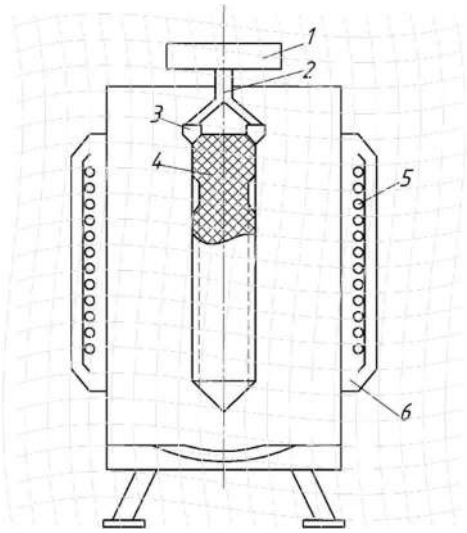


Рисунок 9.9. Установка для стерилізації рідких харчових продуктів:
1 – приймальна ємність;
2 – трубопроводи;
3 – колектор;
4 – пластина;
5 – УФ-лампи;
6 – корпус.

УФ-випромінювання – також широко вживаний, надійний, екологічно чистий та безпечний метод знезараження води.

Камера знезараження, через яку проходить потік води, виготовлена з корозієстійкої сталі. Відвідний та підвідний патрубки установки оснащені кульовими кранами або стандартними фланцями, а також пробовідбирачами, які дають можливість проводити аналіз води до і після УФ-оброблення.

Головним елементом установки є ультрафіолетова бактерицидна лампа, розташована всередині камери знезараження. Лампу відрізняють високі потужність (600 Вт) і коефіцієнт корисної дії (30–35%), термін служби (1,5–2 роки).

Лампа знезаражує воду, не контактуючи з нею, так як оточена високоміцним кварцевим чохлом – трубою, здатною витримати тиск води в 10 атмосфер.

Пульт управління відображає всю необхідну для експлуатації інформацію, контролює рівень УФ-випромінювання і промивання установки.

В установці передбачена система хімічного очищення розчином лугу або оцтової кислоти, в результаті чого кварцові чохли набувають свою первісну прозорість.

9.3. Обладнання для оброблення харчових продуктів мембранним методом

Мембранні методи оброблення є фільтраційними процесами, але відрізняються від звичайних процесів фільтрування тим, що через мембрани розділяються компоненти гомогенних розчинів харчових продуктів.

Наприклад, молекули білка сироватки відділяються під час фільтрування через мембрану.

В мембранній технології фільтрування використовується специфічна термінологія, що відображає процес розділення.

До мембранних методів розділення належать:

- зворотній осмос;
- нанофільтрація;
- ульрафільтрація;
- мікрофільтрація;
- первопорація;
- мембранна дистиляція.

Всі методи базуються на застосуванні напівпроникних полімерних чи керамічних мембран.

Мікрофільтрація. Під час мікрофільтрації із розчину видаляються мікродисперсні частинки твердої фази розміром більше 0,2–0,45 мкм, а також віруси, бактерії та колоїди. Розділення розчину відбувається на молекулярному рівні.

Ульрафільтрація. Під час ультрафільтрації мембрана пропускає розчинник на низькомолекулярні речовини. Речовини з молекулярною масою вище 500 мембрана затримує дальтонів (молекулярна маса 1 дальтон=$1{,}66 \cdot 10^{-24}$). Цільовим продуктом найчастіше є концентрат високомолекулярних речовин.

Для ультрафільтрації концентрація низькомолекулярних речовин в *перміаті* (рідині, яка пройшла через мембрану) і розділеному розчині майже однакова.

Нанофільтрація. Під час нанофільтрації мембрани можуть затримувати низькомолекулярні речовини. Із селективністю 0,8–0,9 мкм вони можуть затримувати солі двовалентних металів.

Зворотній осмос. Під час зворотнього осмосу мембрана затримує всі речовини крім розчинника. Цільовим продуктом може бути як *концентрат*, так і *перміат* (рідина, що пройшла через мембрану).

Первапорація – це один із мембранних методів, у якому відбувається випаровування крізь непорувату мембрану. Це процес, що об'єднує розчинення і молекулярну дифузію летких компонентів у мембрані з їх випаровуванням на протилежному боці мембрани.

Пара летких компонентів відводиться з потоком газу-носія або вакуумування з боку перміату та конденсується у конденсаторі.

Мембранна дистиляція – це процес розділення розчинів органічних і неорганічних речовин через пористу мембрану, матеріал якої не змочується розчинником під дією градієнта тиску парів розчинника по обидва боки мембрани.

Процес відбувається шляхом випаровування розчинника в об'ємі пори мембрани з наступним конденсуванням парів на протилежному боці цієї мембрани.

Під час контактної мембранної дистиляції рідина контактує з обох боків мембрани.

Під час мембранної дистиляції у газовому потоці молекули пари розчинника виносяться з дренажної камери потоком інертного газу і конденсуються в теплообміннику.

Під час осмотичної мембранної дистиляції в дренажну камеру модуля подається розчин з більшим осмотичним тиском порівняно з розчинником, що конденсується. Молекули парів розчинника дифундують в об'ємі пори мембрани та конденсуються на поверхні рідини з більшим осмотичним тиском.

Метод мембранної дистиляції може бути застосований для концентрування водних розчинів цукру, отримання води, отримання цінних харчових компонентів із стічних вод підприємств харчової промисловості.

Основним елементом мембранного апарата є фільтрувальний елемент, який за конструкцією може бути плоским, рулонним, трубчастим і капілярним.

Мембранні апарати з плоскими мембранами

Як правило, фільтрувальний апарат складається з дренажної основи, з одного чи двох боків якої розташована напівпроникна мембрана. Дренажна основа може складатися з однієї чи двох опорних пластин, в яких виконані канали для відведення перміату, і дрібнопористої підкладки, яка зберігає форму та структуру мембрани, що працює під тиском.

Опорні пластини виготовляють з пластмаси, дренажні – з полімерних сіток, тканин, підкладки – з паперу або тканин.

Принцип роботи мембранного апарату з плоскими фільтрувальними елементами (рисунок 9.9) розглянемо на прикладі апарату з фільтрувальними елементами круглої форми.

Мембранний апарат складається з дренажно-опорного диску 3, мембрани 2, проміжного диска з перетинками.

Розчин подається в перший напірний канал і через вузол перетікання надходить в наступний напірний канал, який утворюється розташуванням проміжного диска між двома фільтрувальними елементами, дренажно опорним диском 3 і мембраною 2.

Концентрат виводиться через отвори в дренажно опорному диску. Перміат відводиться від кожного фільтрувального елементу окремо.

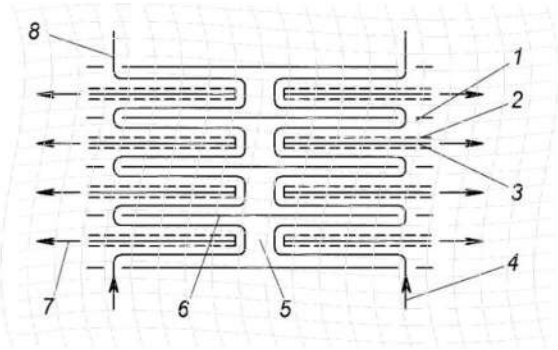


Рисунок 9.9. Принципова схема мембранного апарата з плоскими фільтрувальними елементами круглої форми.

Недоліками мембранних апаратів із плоскими мембранами круглої форми є наявність проміжних вузлів у зоні напірних каналів, які збільшують їх загальний гідравлічний опір. Коефіцієнт гідравлічного опору досягає 2,5. Недоліком також є зменшення лінійної швидкості розчину під час його перетікання від центру до периферії напірного каналу, що не дозволяє збільшити діаметр фільтрувального елементу.

Мембранні апарати з рулонними мембранами

Порівняно з мембранними апаратами з плоскими мембранами, апарати з рулонними елементами характеризуються невеликими енерговитратами та достатнім масообміном у напірному каналі.

Фільтрувальний елемент (рисунок 9.10) складається з сітчастого матеріалу, розташованого між двома листовими мембранами, згорнутими в рулон. Це дозволяє досягти високої площі фільтрування в одиниці об'єму установки – 300–800 $м^2/м^3$.

Недоліками таких апаратів є: необхідність попереднього очищення розчину від частинок твердої фази, підвищені вимоги до регенерації та дезінфекції мембрани.

Розчин подається в апарат з торця циліндричного корпусу і потрапляє в напірні канали рулонного елементу, які утворюються сіткою-турбулізатором 2.

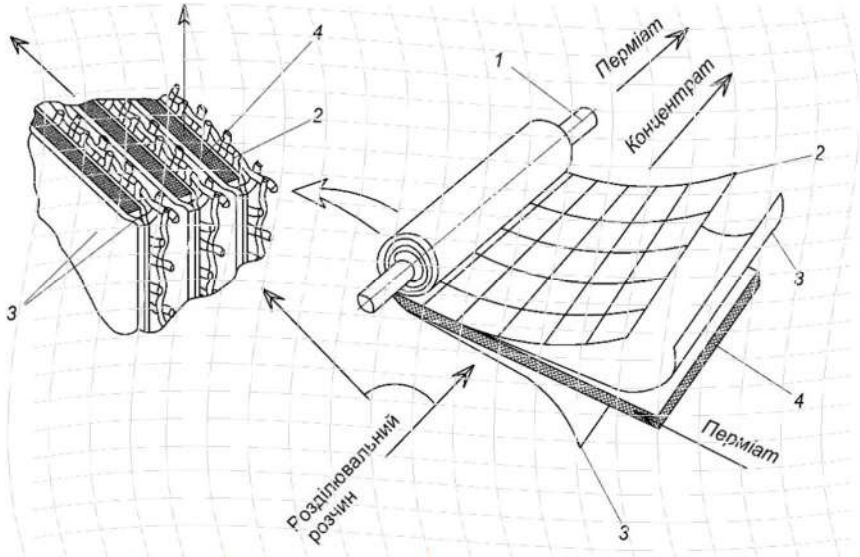


Рисунок 9.10. Рулонний фільтрувальний елемент:
1 – трубка-колектор; 2 – сітка-турбулізатор; 3 – мембрана; 4 – дренаж.

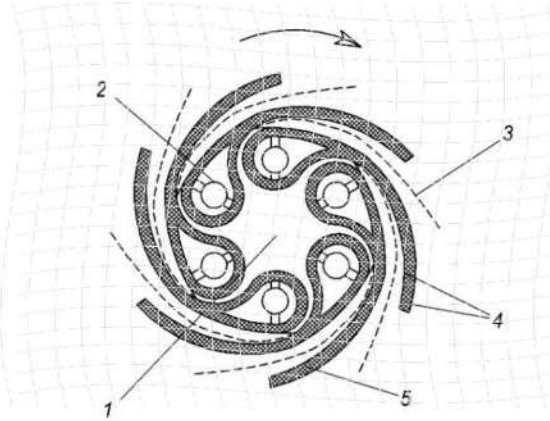


Рисунок 9.11. Модуль рулонних фільтрувальних елементів:
1 – утримувач;
2 – трубка-колектор;
3 – сітка-турболізатор;
4 – мембрана;
5 – дренаж.

З протилежного торця апарата виводиться концентрат. Пермеат у дренажі 4 рухається по спіралі в напрямку труби 1 і виводиться з апарата.

В рулонних мембранах застосовується спільне навивання декількох рулонних фільтрувальних елементів.

На рисунку 9.11 представлено конструкцію, в якій шість трубок-колекторів 2 від кожного пакета розташовуються в гніздах утримувача 1.

Така конструкція дає можливість виготовляти модулі рулонних фільтрувальних елементів значних діаметрів і довести щільність пакування мембран до 1000 $м^2/м^3$.

Мембранні установки з трубчастими мембранами

Мембранні установки з трубчастими мембранами застосовують для очищення води та розділення розчинів харчових продуктів. Для запобігання утворення на поверхні мембран осаду необхідно збільшити лінійну швидкість потоку не менше як 3 м/с. В цих випадках зростає градієнт тиску за довжиною напірного каналу і, відповідно, енергетичні витрати. Градієнт тиску залежить від гідравлічного радіусу каналу. Збільшення гідравлічного радіусу зменшує градієнт тиску і, відповідно, енергетичні витрати. Конструктивно це реалізується в трубчастих мембранних фільтрувальних елементах, в яких мембрана має трубчату форму з гідравлічним радіусом r = 3–6 мм.

Мембрана може бути розташована на внутрішній або зовнішній поверхні дренажної труби чи одночасно на зовнішній і внутрішній поверхні.

Принцип роботи мембранного трубчастого фільтрувального елемент (рисунок 9.12) полягає в тому, що розчин для розділення I під тиском поступає в напірний канал і, віддаючи частково через мембрану розчинник у вигляді концентрату II, виводиться з елементу. Розчин який пройшов через мембрану, потрапляє у дренажний канал і у вигляді перміату III виводиться з мембранного фільтрувального елементу.

Більш поширеного застосування в промисловості знайшли мембранні фільтрувальні елементи з розташуванням мембрани на внутрішній поверхні дренажної основи. Вона має такі переваги: мала матеріалоємність, добрі масообмінні характеристики, можливість механічного очищення напірного каналу від осаду на поверхні трубчастої мембрани від пошкодження.

Недоліки: низька питома поверхня мембран (30–70 $м^2/м^3$), відсутність візуального контролю за станом поверхні мембран і процесом її формування.

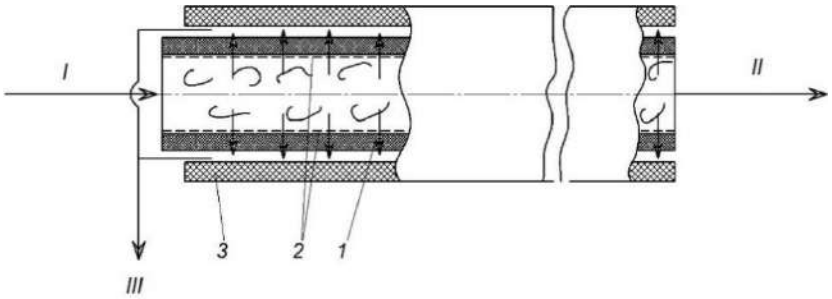


Рисунок 9.12. Трубчастий фільтрувальний елемент з розташуванням мембрани на внутрішній поверхні дренажної основи:
1 – дренажна система; 2 – трубчаста мембрана; 3 – безнапірний корпус;
I – розділюваний розчин;
II – концентрат;
III – пермеат.

Найбільш поширений метод виготовлення крупнопористої дренажної основи трубчатого фільтрувального елементу є набивка на оправу декількох шарів скловолокна і термооброблення.

Серед інших методів слід виділити такі: перфорація металевих чи пластикових труб, плетіння рукавів із синтетичних ниток чи нержавіючого дроту і одержання пористих трубок із керамічних, металокерамічних чи пластмасових порошкових матеріалів екструзією.

Мембранні установки з капілярними мембранами

Застосування мембранних установок із капілярними мембранами підвищує технологічність їх виготовлення і надійність експлуатації. Питома поверхня мембрани у капілярному модулі на порядок більша, ніж у рулонних фільтрувальних елементах, та на два порядки більша, ніж у трубчастих фільтрувальних елементах і досягає 20000 $м^2/м^3$. Це досягається за рахунок зменшення діаметра трубчастої мембрани до діаметра капіляра, який без дренажної системи витримує тиск, необхідний для проведення процесів зворотного осмосу, ультрафільтрації, нанофільтрації тощо.

Фільтрувальні елементи з капілярними мембранами поділяються за способами подачі розчину на елементи з подачею розчину в середину волокон (ультрафільтрація) і в міжволоконний простір елемента з центральним розподілювальним колектором, на

який навивається пучок волокон (зворотній осмос та нанофільтрація). За способом розташування волокон, елементах з центральним колектором поділяються на елементи з укладанням волокон-капілярів вздовж колектора і U-подібним розташуванням капілярів.

Приблизно 1000 волокон-капілярів 2 у вигляді пучка довжиною 1 м встановлюють в корпус 3 і з обох кінців заливають епоксидним компаундом (рисунок 9.13). Отриманий блок розрізають перпендикулярно осі елементу по краях корпусу 3. Таким чином, утворюються вхідний і вихідний колектори подачі для розділення рлозчину I і виведення концентрату II. У процесі ультрафільтрації розчинник і низькомолекулярні розчинені речовини проходять крізь стінку капіляра – мембрани і як перміат III виходять через верхній боковий штуцер 1 фільтрувального елементу. Через нижній боковий штуцер 4 видаляється залишок пермеату і подається розчин для миття та дезінфекції дренажної камери фільтрувального елементу.

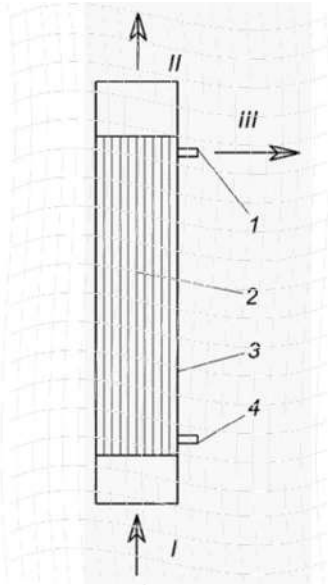


Рисунок 9.13. Фільтрувальний елемент з капілярними мембранами

1 – верхній боковий штуцер;
2 – капілярні волокна мембрани;
3 – корпус;
4 – нижній боковий штуцер.

I – розчин для розділення;
II – концентрат;
III – пермеат.

Питання для самоперевірки

1. Електрофізичні властивості харчових продуктів.
2. Властивості електромагнітних хвиль .
3. Підгрупи обладнання для оброблення харчових продуктів електрофізичними та мембранними методами.
4. Структурна схема коптильної камери з блоком електрокопчення.
5. Схема установки для електроконтактного випікання.
6. Конструкція електроплазмолізатора для проведення плазмолізу рослинної сировини під час отримання соку.
7. Конструкція валкового електроплазмолізатора.
8. Перевага високочастотних установок для нагрівання продуктів.
9. У чому полягає принцип дії високочастоних установок для нагрівання?
10. Схема установки для високочастотного оброблення молока.
11. Мета електромагнітого оброблення води.
12. Конструкція апарату для електромагнітного оброблення води.
13. Схема установки для сушіння хрумкої картоплі в полі струмів НВЧ.
14. З якою метою застосовують ІЧ-випромінювання в харчовій промисловості.
15. Піч з ІЧ електрообігріванням для випікання дрібноштучних булочних і кондитерських виробів.
16. Характеристика ультрафіолетового випромінювання.
17. Джерела ультрафіолетового випромінювання.
18. Схема установка для стерилізації рідких харчових продуктів УФ-випромінюванням.
19. Суть мембранних процесів розділення рідких середовищ.
20. Які є мембранні методи розділення? У чому між ним різниця? Наведіть приклади використання.
21. Схема мембранного апарата з плоскими фільтрувальними елементами круглої форми.
22. Мембранні апарати з рулонними мембранами. Схема рулонного фільтрувального елементу. Конструкція модуля фільтрувальних елементів.

23. Схема трубчастого фільтрувального елементу з розташуванням мембрани на внутрішній поверхні дренажної основи.
24. Фільтрувальний елемент з капілярними мембранами.

Література

1. Batt C.A. Encyclopedia of Food Microbiology (Second Edition) / C.A. Batt. – Elsevier, 2017. – 110 p.
2. Belitz H.D. Food Chemistry. 4th revised and extended ed. / H.D. Belitz, W. Grosch, P. Schieberle. – Springer, 2009. – 1114 p.
3. Brennan J. G.. Food Processing Handbook, 2nd Edition / James G.B., Alistair S.G. – Wiley-VCH Verlag GmbH & Co, 2011. – 826 p.
4. Fellows P. Food processing technology. Principles and Practice. Second Edition / P. Fellows. – CRC Press, 2000. – 591 p.
5. Handbook of Farm, Dairy and Food Machinery Engineering / ed. Myer Kutz. - Academic Press, 2013.
6. Holah J. Hygienic Design of Food Factories / J. Holah, H.L.M. Lelieveld. – Elsevier, 2011. – 785 p.
7. Kennedy S. Food Protection and Security. Preventing and Mitigating Contamination during Food Processing and Production / S. Kennedy. – Woodhead Publishing, 2017. – 340 p.
8. Kunze W. Technology Brewing And Malting. 5th English Edition / W. Kunze. – VLB Berlin. – 935 pages
9. Lelieveld H. Handbook of Hygiene Control in the Food Industry (Second Edition) / H. Lelieveld, J. Holah, D. Gabrić. – Elsevier, 2016. – 736 p.
10. Naumenko N. History of Food Science / N. Naumenko N. – Kyiv, NUFT. – 2014. – 199 c.
11. Ralko O. The restructuring and organisational development in the food industry in Ukraine // Restructuring: theory and practice : [monograph] / [Tetyana Mostenska, Iryna Fedulova, Virginija Jurėnienė (scientific editors)]. – Kyiv – Kaunas – Szczecin: National University of Food Technologies, Institute of World Economy and International Relations, University of Szczecin, Vilnius University. – Kyiv: Kondor, 2012. – P. 171–195.
12. Saravacos G., Handbook of Food Processing Equipment (Food Engineering Series) 2nd ed. / G. Saravacos, A.E. Kostaropoulos. – Springer, 2016. - 787 pages
13. Toledo R.T. Fundamentals of Food Process Engineering. Third Edition / R.T. Toledo. – Springer, 2007. – 585 p.
14. Yiu H. Hui. Handbook of Food Science, Technology, and Engineering. / H. Hui Yiu. – CRC Press, 2006. – 928 p.

15. Гончаренко Б.М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій: підручник / Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк. – Київ: НУХТ, 2014. – 530 с.
16. Дейниченко Г.В. Удосконалення процесів переробки м'ясної сировини на підприємствах харчування: монографія / Г.В. Дейниченко, О.О. Простаков, В.В. Дуб. – Харків: Студцентр, 2003. – 349 с.
17. Домарецький В.А. Технологія солода та пива: Підруч. / В.А. Домарецький. – Київ: Інкос, 2004. – 426 с.
18. Дорохович А.М. Технологія карамелі: навч. посіб. / А. М. Дорохович. – Київ: Інкос, 2011. – 192 с.
19. Єресько Г.О.Технологічне обладнання молочних виробництв: навч. посіб. / Г.О. Єресько, М.М. Шинкарик, В.Я. Ворощук. – Київ: Інкос, Центр навч. літ., 2007. – 344 с.
20. Загальні технології харчових виробництв: підручник / В.А. Домарецький, П.Л. Шиян, М.М. Калакура, Л.Ф. Романенко; Київ: Університет Україна, 2010. – 814 с.
21. Заплетніков І. М. Експлуатація і обслуговування технологічного обладнання харчових виробництв [Текст] : навч. посіб. / І. М. Заплетніков, В. Г. Мирончук, В. М. Кудрявцев ; Нац. ун-т харч. технол., Донец. нац. ун-т екон. і торг. – К. : ЦУЛ, 2012. – 344 с.
22. Зберігання та переробка сільськогосподарської продукції: підручник / О.В. Богомолов, Н.В. Верешко, О.М. Сафонова та ін.; під ред. О. І. Шаповаленка, О. М. Сафонової. – Харків: Еспада, 2008. – 544 с.
23. Інноваційне обладнання м'ясопереробних виробництв: Підручник / О.М. Чепелюк, О.М. Гавва, І.Г. Бабанов, О.О. Чепелюк, С.Д. Беседа, О.І. Бабанова, В.М. Мусійчук. – Київ: Видавництво «Сталь», 2021. – 805 с.
24. Інноваційні технології продуктів бродіння і виноробства: підручник / С.В. Іванов, В.А. Домарецький, В.Л. Прибильський та ін. – Київ: НУХТ, 2012. – 487 с.
25. Інтенсифікація тепломасообмінних процесів в харчових технологіях: монографія / А.І. Соколенко, А.А. Мазаракі, О.Ю. Шевченко та ін.; під ред. А. І. Соколенка. – Київ: Фенікс, 2011. – 536 с.
26. Мембранні процеси в технології переробки післяспиртової зернової барди: монографія / В. Г. Мирончук, Г. В. Дейниченко,

Л. В. Корнієнко, Ю. Г. Змієвський; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т харч. технол. – Київ: НУХТ, 2016. – 152 с.
27. Монтаж, експлуатація, діагностика та ремонт обладнання м'ясопереробних підприємств: підручник / І. Г. Бабанов, О. М. Гавва, О. І. Бабанова та ін. – Київ: Сталь, 2015. – 600 с.
28. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості: підручник / В. Г. Мирончук, І.С. Гулий, М.М. Пушанко та ін.; за ред. В.Г. Мирончука. – 2-ге вид., перероб. і доп. – Вінниця: Нова книга, 2007. – 648 с.
29. Пакувальне обладнання: підручник / О.М. Гавва, А.П. Беспалько, А.І. Волчко, О.О. Кохан. – Київ: Упаковка, 2010. – 744 с.
30. Парогенератори и технологични пещи: учебник / Г.И. Вълчев, С.Ц. Ташева, В.И. Теличкун, Ю.С. Теличкун. – Пловдив, 2012. – 392 с. (болгарською мовою).
31. Промислові технології переробки м'яса, молока та риби: підручник / Ф.В. Перцевий, О.Г. Терешкін, П.В. Гурський та ін. – Київ: Інкос, 2014. – 340 с.
32. Процеси і апарати харчових виробництв [Текст] : Підруч. / І. Ф. Малежик, П. С. Циганков, П. М. Немирович, О. С. Марценюк ; Ред. І.Ф. Малежик. – К. : НУХТ, 2003. – 400 с.
33. Процеси і апарати харчових виробництв [Текст] : приклади і задачі : навч. посіб. / І. Ф. Малежик, П. М. Немирович, В. Л. Зав'ялов та ін. ; за ред. І. Ф. Малежика ; Нац. ун-т харч. технол. – К. : НУХТ, 2015. – 386 с.
34. Процеси і апарати харчових виробництв. Курсове проектування: навч. посіб. / І.Ф. Малежик, О.С. Марценюк, Л.М. Мельник, В.І. Теличун та ін.; за ред. І.Ф. Малежика. – Київ: НУХТ, 2012. – 543 с.
35. Сидоров Ю. І. Процеси і апарати хіміко-фармацевтичної промисловості [Текст] : навч. посіб. / Ю. І. Сидоров, В. І. Чуєшов, В. П. Новіков. – Вінниця : Нова книга, 2009. – 816 с.
36. Сухенко Ю. Г. Надійність і довговічність устаткування харчових і переробних виробництв: підручник / Ю.Г. Сухенко, О.А. Литвиненко, В.Ю. Сухенко. – Київ: НУХТ, 2010. – 547 с.
37. Теплообмінні процеси та обладнання переробного та харчового виробництва: навчальний посібник / І.П. Паламарчук, П.С.

Берник, З.А. Стоцько та ін. – Львів: Видавництво "Бескид Біт", 2006. – 368 с.
38. Технологічне обладнання хлібопекарських і макаронних виробництв: Підруч. / О.Т. Лісовенко, О.А. Руденко-Грицюк, І.М. Литовченко та ін.; Ред. О.Т. Лісовенко. – Київ: Наук. думка, 2000. – 284 с.
39. Технологічні комплекси харчових виробництв: Навчальний посібник / В.І. Теличкун, О.М. Гавва, Ю.С. Теличкун, О.О. Губеня, М.Г. Десик, О.М. Чепелюк. – Київ: Видавництво «Сталь», 2017. – 456 с.
40. Фізико-хімічні методи обробки сировини і стабілізація харчових продуктів: монографія / А.І. Соколенко, О.Ю. Шевченко, В.А. Піддубний та ін. – Київ: Люксар, 2009. – 454 с.

Навчальне видання

Теличкун Володимир Іванович
Теличкун Юлія Станіславівна
Губеня Олексій Олександрович
Стефанов Стефан Василєв
Дамянова Станка Тодорова

Технологічне обладнання харчових виробництв

Підручник

Науковий редактор к.т.н., проф. В.І. Теличкун
Комп'ютерна верстка та дизайн к.т.н., доц. О.О. Губеня

Підписано до друку 22.11.2023 р.
Формат 60х84/16. Папір офсетний. Гарн. Таймс.
Друк офсетний. Ум.друк.арк. 36.99. Тираж 100.
Замовлення № 105
Підготовка до видання: НУХТ, 01601, Київ-33, вул. Володимирська, 68
http://nuft.edu.ua/

ТОВ "Видавництво "Сталь"
Свідоцтво ДК №4947 від 30.05.2015 р.
м. Київ, вул. Віталія Шимановського 2/1
тел./факс. +38 063 984 52 11, +38 097 293 36 91
E-mail: tov steel@ukr.net
www.steelizdat.com.ua