

Д.П. Семенюк, О.В. Петренко,
Є.М. Якушенко

ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТА ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ОБРОБКИ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Навчальний посібник



Харків
2022

Державний біотехнологічний університет

Д. П. Семенюк, О. В. Петренко, Є. М. Якушенко

**«ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ХОЛОДИЛЬНОЇ
ТА ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ОБРОБКИ
ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ»**

Навчальний посібник
Частина 1

Харків
ДБТУ
2022

УДК 621.56/.59
ББК 36.81-5
С 30

Рецензенти:
д-р техн. наук, проф. Е. В. Білецький,
д-р техн. наук, доц. А.О. Пак

Рекомендовано до друку методичною радою факультету енергетики, робототехніки та комп'ютерних технологій (протокол № 2 від 16.03.2022 р).

Семенюк Д. П.
Обладнання для холодильної та електромагнітної обробки харчових продуктів: навч. посібник у 2 ч. Ч. 1 / Д. П. Семенюк, О. В. Петренко, Є. М. Якушенко. – Х. : ДБТУ, 2022. – 184 с.

У першій частині навчального посібника розглянуто сучасне холодильне обладнання, що використовується у сфері переробки та виробництва харчової сировини та продуктів. Висвітлені питання практичного застосування холодильного обладнання підприємств харчової та переробної індустрії, в тому числі камер холодильної обробки та зберігання, контактних й безконтактних апаратів.

Розглянуто його номенклатуру, конструкцію, будову та принцип дії. Наведено алгоритми розрахунку та підбору.

Посібник призначено для студентів освітнього ступеня бакалавр, що навчаються за спеціальністю 142 «Енергетичне машинобудування». Може бути корисним студентам інших спеціальностей та широкому загалу читачів, яким необхідна інформація про сучасне холодильне обладнання.

УДК 621.56/.59
ББК 36.81-5

© Семенюк Д. П., Петренко О. В.,
Є. М. Якушенко, 2022
© Державний біотехнологічний
університет, 2022

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	6
Розділ 1. КЛАСИФІКАЦІЯ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ	8
1.1. Історія та масштаби застосування холоду	8
1.2. Класифікація процесів холодильної обробки харчових продуктів та сировини	9
1.3. Класифікація холодильного обладнання	25
Запитання до розділу	26
Розділ 2. ХОЛОДИЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗАМОРОЖУВАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ	27
2.1. Холодильне технологічне обладнання камер заморожування м'яса	27
2.1.1. Обладнання камер із примусовим рухом повітря	27
2.1.2. Обладнання камер із природним рухом повітря	32
2.1.3. Порівняльні показники камер заморожування м'яса	34
2.1.4. Основи розрахунку камер заморожування м'яса	36
2.2. Повітряні морозильні апарати	40
2.2.1. Візкові морозильні апарати з ручним та механізованим переміщенням візків	42
2.2.2. Конвеєрні морозильні апарати	49
2.2.3. Основи розрахунку конвеєрних апаратів	67
2.3. Флюїдизаційні апарати	75
2.3.1. Апарат малої продуктивності	76
2.3.2. Апарат середньої продуктивності	78
2.3.3. Апарати великої продуктивності	79
2.3.4. Основи розрахунку флюїдизаційних апаратів	84
2.4. Апарати безконтактного заморожування харчових продуктів	89
2.4.1. Плиткові апарати	89
2.4.2. Роторні апарати	101
2.4.3. Морозильні апарати барабанного типу	107
2.4.4. Основи розрахунку плиткових апаратів	110
2.4.5. Апарати для заморожування продуктів рідкими холодоносіями	123
2.5. Апарати контактного заморожування харчових продуктів	131
2.5.1. Кріогенні апарати	131
2.5.2. Основи розрахунку апарата з розпиленням рідкого азоту у вантажному відсіку	152
2.5.3. Вуглекислотні апарати	158
2.5.4. Апарати для заморожування продуктів холодоносіями	161
2.6. Лінії для виробництва морожених продуктів	164
2.6.1. Лінії для виробництва мороженого блокового м'яса та морожених м'ясних продуктів	164
2.6.2. Лінії для виробництва мороженої риби та морожених рибних продуктів	168

2.6.3. Лінії для виробництва морожених овочевих пюре, овочевих гарнірів, картоплі, картопляних котлет і ягід	171
2.6.4. Лінії для виробництва морозива	176
Запитання до розділу	180
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	182

ПЕРЕДМОВА

Сьогодні техніка низьких температур охоплює усі сфери діяльності людини. Без її застосування неможливий подальший розвиток цивілізації. Про масштаби застосування техніки низьких температур говорить той факт, що споживання електроенергії холодильним обладнанням, включаючи системи кондиціювання повітря та побутові холодильники, у загальному енергобалансі розвинених країн, оцінюється в 15-20%.

Значення холодильного обладнання в житті сучасної людини складно переоцінити. Практично неможливо знайти таку галузь промисловості або сферу життя, у якій би не використовувалися холодильники, морозильні камери та інше холодильне обладнання.

Найбільше значення холодильне обладнання відіграє у сфері виробництва та продажу продуктів харчування. Всі технологічні операції переробки харчової сировини, виробництва та товарообігу харчових продуктів (охолодження, заморожування, зберігання, транспортування) мають потребу у різноманітному технологічному холодильному обладнанні, від рефрижераторних судів і вагонів, холодильних установок холодокомбінатів та овочесховищ, холодильного обладнання харчової та переробної індустрії, торговельного холодильного обладнання підприємств рітейлу до побутового холодильника у споживача.

Постійно зростаючий попит і розширення галузей застосування штучного холоду, стимулюють розвиток і вдосконалення сучасного технологічного холодильного обладнання. Практично у всіх ланках ланцюга «від виробника до споживача» потрібні кваліфіковані фахівці, які володіють знаннями з розробки, проектування, монтажу та сервісного обслуговування технологічного холодильного обладнання.

Саме тому актуальним завданням є підготовка висококваліфікованих наукових та інженерних кадрів з виробництва та раціонального використання штучного холоду для потреб підприємств рітейлу, ресторанно-готельного бізнесу, харчової та переробної індустрії.

Метою даного навчального посібника є ознайомлення майбутніх фахівців з раціональним вибором, номенклатурою, класифікацією, конструкціями, будовою та принципом дії, практичним застосуванням технологічного холодильного обладнання (холодильне обладнання для проведення процесів холодної обробки харчової сировини та продуктів), яке знайшло найбільш широке застосування на підприємствах рітейлу, готельно-ресторанного бізнесу, харчової та переробної індустрії.

В першій частині навчального посібника розглянуто класифікацію процесів холодної обробки харчових продуктів і сировини, способи їх реалізації, загальну класифікацію.

Окремий розділ першої частини присвячено питанням системи розподілу повітря, загальну класифікацію, характеристику, алгоритми розрахунку та підбору технологічного холодильного обладнання харчової та переробної

індустрії, в тому числі камер холодильної обробки (охолодження, заморожування) , контактних й безконтактних апаратів.

Навчальний посібник складений відповідно до профілю програми підготовки бакалавра за спеціальністю 142 «Енергетичне машинобудування» для забезпечення спеціальних (фахових) компетенцій. Навчальний посібник буде корисним студентам при вивченні дисциплін, в яких розглядається застосування технологічного холодильного обладнання в різних галузях економіки, при виконанні курсових та дипломних проектів, а також студентам інших спеціальностей, яким необхідна інформація стосовно сучасного технологічного холодильного обладнання.

В даному виданні авторами узагальнено досягнення вітчизняної та зарубіжної науки та техніки у галузі холодильного обладнання та розглянуто коло питань, стосовно номенклатури, конструкції, будови, принципу роботи, алгоритму розрахунку, галузей практичного застосування та сучасних тенденцій подальшого його розвитку. Матеріали, які увійшли до навчального посібника, зібрані та систематизовані авторами під час відвідування спеціалізованих виставок, використана інформація Інтернет-порталів, Інтернет-сторінок фірм, які реалізують відповідне обладнання, каталоги обладнання провідних фірм-виробників.

Автори вдячні рецензентам за корисні поради і зауваження в процесі рецензування та підготовки рукопису.

КЛАСИФІКАЦІЯ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

1.1. Історія та масштаби застосування холоду

На початковій стадії машинного охолодження обладнання було громіздким, дорогим і малоефективним. Крім того, воно вимагало постійної присутності механіка або інженера з експлуатації, що робило можливим застосування машинного охолодження тільки на заводах з виробництва льоду, м'ясопереробних підприємствах і у великих холодильниках для зберігання продуктів.

Протягом декількох десятиліть холодильна техніка перетворилася в гігантську швидко зростаючу промисловість, якою вона є сьогодні. Кілька причин сприяли цьому бурхливому росту. По-перше, за умови розвитку високоточних методів виробництва стало можливим виготовлення більш ефективного обладнання з меншими габаритними розмірами. Створення безпечних холодоагентів і винахід електродвигуна потужністю менш 0,7 кВт привели до розробки невеликих холодильних агрегатів, які широко використовуються, наприклад, у домашніх холодильниках і морозильниках, невеликих кондиціонерах і торговельному холодильному обладнанні.

Мало людей поза сферою холодильної промисловості уявляють сутність холодильної техніки в створенні високотехнічного суспільства ступінь залежності суспільства від машинного холоду. Наприклад, без машинного охолодження було б неможливо зберегти достатню кількість продуктів для харчування зростаючого міського населення. Крім того, якби не відбувалося кондиціонування повітря, неможливо було б перебувати в літні місяці через спеку в багатьох великих будинках, де розташовуються торговельні й промислові підприємства.

На додаток до добре відомих випадків застосування холоду, як, наприклад, для комфортного кондиціонування повітря, для обробки, заморожування, зберігання, перевезення та демонстрації швидкопсувних продуктів, машинне охолодження використовується також під час обробки й виробництва майже всіх товарів. Нових процесів і виробів, що з'явилися в результаті застосування машинного холоду, безліч. Наприклад, за допомогою холоду стало можливим будівництво великих гребель, необхідних для створення іригаційних систем і гідроелектростанцій. Холод дозволяє будувати дороги і тунелі, а також фундаментні і шахтні колодязі в нестійких ґрунтах. Застосування холоду сприяло початку виробництва пластмас і синтетичного каучуку, а також багатьох нових і корисних матеріалів і виробів. За допомогою машинного охолодження пекарі випускають більше батонів хліба з одного кілограма борошна, виробники текстильних виробів і паперу підвищують ефективність роботи обладнання та збільшують кількість продукції; покращилося загартування сталі для виробництва верстатів. Існують сотні способів використання машинного холоду, і з кожним роком з'являються нові. Єдиний стримуючий

фактор, що сповільнює розвиток холодильної промисловості, – це недостатня кількість кваліфікованого персоналу.

1.2. Класифікація процесів холодильної обробки харчових продуктів та сировини

Усі харчові продукти за тривалістю їхнього зберігання можна розподілити на дві групи: продукти, які в звичайних умовах довгий час не псуються (борошно, крупа, цукор), і продукти швидкопсувні (м'ясо, риба, птиця, молоко, овочі тощо), якість яких – смак, запах, колір та ін. – під час зберігання погіршується.

Псування продуктів викликають різні фактори (наприклад, вплив кисню повітря й сонячне світло, надмірно низька або висока вологість повітря). Особливо сильною є руйнівна дія на продукти мікроорганізмів й тканинних ферментів. Останні можуть викликати розкладання білків, гідроліз жирів, глибокі перетворення вуглеводнів й інші зміни.

Для запобігання псуванню продуктів під час тривалого зберігання застосовують спеціальну обробку – консервування. Основне завдання консервування зводиться до уповільнення руйнівної дії мікроорганізмів і тканинних ферментів. Із усіх методів консервування (пастеризація, стерилізація, сушіння, соління, копчення та ін.) найбільш ефективним є обробка холодом, що найменше змінює первісні властивості продуктів.

Питання дослідження складу й властивостей продуктів під час зміни температури, вибору найбільш сприятливих режимів охолодження й подальшого зберігання для різних видів продуктів, створення технічних засобів реалізації розроблених способів докладно розглядаються в окремій галузі харчової технології – у холодильній технології харчових продуктів.

Консервування холодом засновано на зниженні життєдіяльності мікроорганізмів і активності тканинних ферментів за зниження температури. У результаті вповільнюються реакції, що природно протікають у деяких продуктах (наприклад, подих і дозрівання плодів) і викликаються діяльністю мікроорганізмів.

Залежно від температури під час обробки холодом продукти умовно поділяють на охолоджувані – з температурою в центрі продукту 0...4°C, заморожені – з температурою -6°C, дефростовані, тобто піддані повному розморожуванню.

Основним фактором, що робить істотний вплив на охолодження продуктів, є низька температура. За заморожування, крім того, відбувається зневоднювання тканин, пов'язане з переходом води у твердий стан. Недостатня вологість повітря погіршує якість м'яса, риби, свіжої зелені: продукти усихають і в'януть.

Різні мікроорганізми по-різному реагують на вплив холоду. Найбільш холодостійкі цвілеві гриби й дріжджі, гірше переносять холод бактерії: за замерзання середовища їхнього перебування вони в основному гинуть через порушення обміну речовин і ушкодження структури клітин. Деякі види

бактерій за $-5...-8^{\circ}\text{C}$ вимирають майже повністю протягом 10...14 місяців та після цього у звичайних умовах практично не розвиваються. Інші види бактерій після витримки при зазначеній температурі у звичайних умовах починають знову розвиватися через 5...6 днів.

При заморожуванні мікроорганізмів звичайно гине 90...99% кліток. Хвороботворні бактерії протягом багатьох годин витримують температуру рідкого повітря (біля -190°C).

Ефективність холодильного зберігання істотно знижується через початкове забруднення продуктів мікробами, а також поганого санітарного стану холодильних камер, тобто зараженості їх цвілью. Хоча ріст плісені і припиняється при -9°C , але з підвищенням температури при розморожуванні вони знову «оживають» і викликають псування продуктів під дією виділених ферментів. Діяльність ферментів при заморожуванні повністю не припиняється навіть при дуже низькій температурі (-80°C), і втрата їхньої активності спостерігається тільки при багаторазовому заморожуванні й розморожуванні. Щоб уникнути появи цвілі необхідний ретельний мікробіологічний контроль за станом холодильних камер і строге дотримання санітарних правил і технологічних інструкцій.

До допоміжних засобів, що подовжують терміни зберігання харчових продуктів, відноситься обробка продуктів ультрафіолетовими променями, вуглекислотою, озоном, антибіотиками й антиокислювачами, а також застосування спеціальної тари й пакувальних матеріалів.

Консервуючу дію, ультрафіолетових променів засновано на їхній здатності вбивати мікроорганізми. Найбільш інтенсивна дія ультрафіолетових променів проявляється при низьких позитивних температурах, при негативних температурах ефект опромінення незначний. Тривалість опромінення залежить від ряду факторів і насамперед від виду продукту і його стану. Багато продуктів у результаті опромінення одержують бактеріостатичні властивості, тобто роблять протягом деякого часу гнітючу дію на мікроорганізми, у результаті чого значно збільшується термін зберігання продуктів. Подовжує терміни зберігання швидкопсувних продуктів і обробка ультрафіолетовими променями приміщень, холодильних камер, обладнання, тари. Для одержання ультрафіолетових променів користуються спеціальними бактерицидними лампами.

Порівняно новим і досить перспективним засобом збереження харчових продуктів у сполученні з холодом є іонізуюче опромінення (радіопастеризація), під впливом якого відбувається руйнування живих кліток мікроорганізмів і істотно вповільнюються ферментативні процеси. Крім того, бактерицидний вплив на мікроорганізми робить іонізуюче середовище, створюване при опроміненні.

Одним з допоміжних засобів, застосовуваних у сполученні з холодом, є вуглекислота в газоподібному виді в суміші з повітрям, що придушує життєдіяльність мікроорганізмів, особливо плісені і бактерій. Дія вуглекислоти заснована на зменшенні кількості кисню в жирах і повітрі сховища. При цьому вповільнюються процеси окислювання жирів і продуктів які містять жири,

зменшується інтенсивність життєдіяльності мікроорганізмів у фруктах, овочах і ін. За правильного застосування вуглекислоти термін зберігання продуктів може бути збільшений у 1,5...3 рази. Звичайно продукти поміщають у спеціальні контейнери, пакети або іншу тару, у яку вуглекислота надходить із балонів або у вигляді сухого льоду. Після перебування продукту у вуглекислотному середовищі з нього з часом виділяється вуглекислота, тобто відбувається десорбція.

Для збереження якості харчових жирів і продуктів, які містять жири, останнім часом у них стали вводити в малих кількостях (у сотих і навіть тисячних частках відсотках від маси продукту) антиокислювачі – речовини, що запобігають процесам окиснювання і затримують їх (фенольні антиокиснювачі, гваякова смола, кефалін).

Під час зберігання харчових продуктів у холодильних камерах часто використовують озон (атомарний кисень) як засіб дезінфекції камер перед прийомом продуктів на зберігання. При цьому усуваються сторонні запахи й забезпечується повне очищення камер від мікроорганізмів протягом декількох діб. Оскільки озон за концентрації більше 2 мг/м³ шкідливо діє на організм людини, озонування камер відбувається за відсутності обслуговуючого персоналу або використовуються спеціальні запобіжні маски. Озон одержують у стаціонарних або пересувних установках, де він утворюється при електричному розряді високої напруги.

Істотне значення для збереження харчових продуктів мають тара й пакувальні матеріали. Найбільш перспективні пакувальні засоби, виготовлені з полімерних матеріалів.

Охолодження продуктів

У холодильній технології для збереження продуктів широко використовується охолодження.

Процес охолодження продуктів полягає в тому, що продукт за високої температури (звичайно це температура продукту під час збирання врожаю або забою) направляють в камеру для остигання, або камеру попереднього охолодження, де він повинен бути охолоджений якомога швидше до температури зберігання, а потім продукт переміщують із камери остигання у холодильну камеру. Поводження із продуктом на стадії охолодження помітно позначається на його кінцевій якості та терміні зберігання. Основними параметрами при цьому є кінцева температура продуктів і швидкість їхнього охолодження. Кінцева температура залежить від виду продукту, його вихідного стану й звичайно перебуває в межах 0...4°C.

Швидкість охолодження також залежить від виду продукту. Якщо вона недостатньо велика, то часто відбуваються небажані зміни внаслідок руйнівної дії мікробіологічних і ферментативних процесів, які можуть випереджати процес охолодження. Практика показує, що чим швидше й глибше охолоджено свіжі продукти, тим краще зберігається їхня первісна якість і менші втрати маси. Це стосується як м'яса й риби, так і інших продуктів тваринного й рослинного походження.

Для продуктів як охолоджуюче середовище можуть бути використані повітря, холодна вода або розсіл, лід, що тане, або сніг.

Температура в камері охолодження до надходження теплого продукту повинна бути знижена до кінцевої температури. Під час завантаження й у початковий період охолодження різниця температур і тисків пари в продукті й повітрі в камері значні, і продукт швидко віддає тепло й вологу. Температура й вологість повітря в камері в цей період піднімаються до пікового рівня. Наприкінці процесу температура в камері охолодження знову понизиться до скінченної величини. Дуже важливо, щоб продуктивність холодильного обладнання була достатньою для запобігання надлишковому підвищенню температури в камері в піковий період охолодження.

Відносна вологість і швидкість циркуляції повітря. Необхідний рівень відносної вологості в камерах охолодження залежить від продукту, зокрема від того, упакований він чи ні. Природно, якщо продукт охолоджується в паронепроникному впакуванні, рівень вологості в камері не має значення. Під час завантаження й на початкових стадіях охолодження вологість буде високою, якщо контейнери із продуктами мокрі, проте вона незабаром понизиться під час випару вільної вологи.

Продукти, охолоджувані у своєму природному (неупакованому) вигляді, втрачають вологу дуже швидко, внаслідок чого на початковій стадії в камері охолодження утворюється туман. Це явище спостерігається, коли температура продукту й тиск пари високі. У цей час бажані швидке охолодження й висока швидкість циркуляції повітря для максимального зниження температури й тиску пари в продукті, щоб запобігти надлишковій втраті вологи й усушці. Висока швидкість циркулюючого повітря необхідна також для віднесення пари й запобігання конденсації вологи на поверхні продукту.

Висока швидкість циркуляції повітря збільшує інтенсивність випару вологи із продукту, проте, вона значно прискорює й інтенсивність охолодження, у результаті чого швидше знижуються температура й тиск пари в продукті. Зниження тиску пари через більш високу інтенсивність охолодження з надлишком компенсує підвищення інтенсивності випару внаслідок більш високої швидкості циркуляції повітря. Значення більш високої швидкості циркуляції повітря на початковій стадії охолодження полягає в зниженні загальної втрати вологи із продукту. На кінцевій стадії охолодження, коли температура й тиск пари продукту вже знижені, висока швидкість циркулюючого повітря в камері остигання збільшує втрати вологи. Тому необхідно знизити швидкість повітря, циркулюючого в камері остигання.

Вологість у камері повинна бути високою під час охолодження продуктів, підданих усушці. Для зниження втрат вологи деякі продукти, наприклад птицю й рибу, часто охолоджують у крижаній шухляді. З цієї ж причини яйця іноді занурюють у світле мінеральне масло до охолодження й зберігання. Крім того, птиця, риба й деякі овочі часто пересипаються льодом з метою охолодження й зберігання. Коли пересипані льодом продукти поміщають у холодильну камеру,

лід, що повільно тане, утримує вологу на поверхні продукту й запобігає надлишковій усушці.

Окремі овочі й фрукти обробляються за допомогою гідроохолодження, що включає зрошення продукту охолодженою водою або занурення у ванну з охолодженою водою, що переміщується. Занурення полягає в змиванні продукту більшою кількістю води, яка подається самопливом, а зрошення здійснюється з розташованих зверху сопел.

Деякі свіжі овочі, зокрема ті, що мають високе відношення площі поверхні до обсягу, попередньо охолоджують за допомогою швидкого випару води з поверхні продукту під вакуумом. Цей процес називається вакуумним охолодженням. Попереднє охолодження здійснюється у вакуумному охолоджувачі при зниженні тиску в ньому до рівня, за якого відповідна температура насичення води нижче температури охолоджуваного продукту. При цьому відбувається випар води з поверхні продукту з відведенням відповідної схованої теплоти. Охолодження триває до необхідної температури за подальшого зниження тиску.

Комбіноване охолодження та зберігання. Не рекомендується використовувати ту саму камеру для охолодження й зберігання м'ясних і інших продуктів, які залежні від коливань температури, відносної вологості й швидкості циркуляції повітря. Проте обмеження не відносяться до камер для фруктів, наприклад, яблук і груш. Досвід показує, що їх можна обробляти в комбінованих камерах охолодження й зберігання без шкідливих наслідків для продукту. Це відбувається через відносно короткий інтервал часу закладення продукту, а також незначної або повної відсутності коливань температури в камері. Виключеннями є також низькотемпературні камери, у які продукт надходить за температури до 7°C.

Способи охолодження. Охолодження в повітрі. Повітря – найпоширеніший холодоагент. Воно не має запаху й на більшість продуктів не робить шкідливого впливу (за винятком дії кисню, що окислює). До недоліків охолодження в повітрі можна віднести слабку інтенсивність процесу консервації, випар вологи з поверхні продуктів, що супроводжується втратою їхньої маси за недостатньої вологості повітря.

Для інтенсифікації теплообміну підвищують швидкість переміщення повітря й збільшують перепад температур між ним і охолоджуваним продуктом. Для цього служать повітроохолоджувачі, вентилятори, що охолоджують змішувачі.

Охолодження у холодній воді або розсолі. Воно може бути контактним і безконтактним. За контактного охолодження продукт поміщають у рідке охолоджувальне середовище, й процес відбувається інтенсивніше, ніж у повітрі, тому що коефіцієнт тепловіддачі до рідини набагато більше, ніж до повітря. Проте за такого охолодження продукт втрачає свій зовнішній вигляд, набухає тощо. За безконтактного охолодження продукт попередньо поміщають у вологонепроникну оболонку, у результаті знижується тепловіддача й

ускладнюється технологічний процес. Рідкі охолоджувачі великого практичного застосування не одержали.

У останні роки широко застосовують холодну (крижану) воду ($1...4^{\circ}\text{C}$) для охолодження тушок птиці до $4...6^{\circ}\text{C}$, поміщаючи їх у спеціальні ванни або зрошуючи через форсунки, що розпорошують.

Для охолодження риби широко застосовують лід, а також охолоджені рідкі середовища – воду, 2...4%-ний водяний розчин кухонної солі або морську воду зі змістом солі 3...4%.

Для охолодження плодів і овочів застосовують холодне повітря, крижану воду, сніжно-крижану масу, а також спеціальну вакуумну камеру. Під час розрідження повітря із тканин плодів і овочів інтенсивно випаровується частина вологи, на що витрачається значна кількість внутрішнього тепла, й вони швидко охолоджуються.

Молоко охолоджують на фермах за допомогою водоохолоджувальних холодильних машин, танків-охолоджувачів із безпосереднім випаром холодоагенту або із проміжним холодоносієм. На заводах молоко, що надійшло, перед зберіганням охолоджують до $4...5^{\circ}\text{C}$ у пластинчастих охолоджувачах, у яких перебувають дві системи каналів: одними тече молоко, іншими – охолоджувальна вода або розсіл. Молочні продукти – масло, сир, сметану, кефір, кисляк та ін. – охолоджують на різних етапах їхнього виробництва або в готовому вигляді. При цьому використовують ті ж пристрої, що для охолодження молока, або звичайні холодильні камери.

Заморожування харчових продуктів

Заморожування являє собою перетворення в лід більшої частини тканинної рідини, що втримується в продукті. При цьому зводиться до мінімуму життєдіяльність багатьох мікроорганізмів, і протягом тривалого часу зберігаються високі якості продукту. Для кожного продукту вибирають певні умови заморожування й зберігання, тому що перетворення води в лід викликає побічні явища, що приводять до деякого погіршення якості.

Розчини солей і цукрів, що містяться в тканинах харчових продуктів, замерзають за більш низької температури, ніж чиста вода (іноді за -60°C). Установлено, що за -4°C виморожується $3/4$ води, що міститься в м'ясі, рибі, яйцях, і $1/2$ – у плодах і картоплі. За подальшого зниження температури кількість води, що виморожується, різко скорочується.

Основними параметрами, що характеризують заморожування продуктів, є середня (за глибиною продукту) кінцева температура, тривалість і швидкість заморожування.

Швидкість заморожування впливає на величину кристалів льоду й рівномірність їхнього розподілу в тканині продукту; вона характеризує економічність процесу й можливість його механізації та автоматизації. Швидкість заморожування збільшується зі зниженням температури теплопровідного середовища, зменшенням товщини продукту, що заморожується, і збільшенням коефіцієнта тепловіддачі з його поверхні.

Якщо продукт треба зберегти у його первісному свіжому стані протягом тривалого часу, його звичайно заморожують і зберігають приблизно за температури -18°C або нижче. Звичайно заморожують не тільки продукти, які зберігаються у свіжому стані, наприклад, фрукти, фруктові соки, ягоди, м'ясо, птицю, морепродукти та яйця (без шкарлупи), але також багато готових виробів, наприклад, хліб, булочки, морозиво й цілий асортимент спеціально приготовлених і готових до вживання блюд, включаючи повні обіди.

На кінцеву якість і термін зберігання будь-якого замороженого продукту впливають такі фактори: природа й склад продукту, що заморожується; вибір способів обробки й готування продукту для заморожування; спосіб заморожування; умови зберігання.

Заморожувати можна тільки високоякісні продукти в гарному стані. Під час заморожування овочів дуже важливим є вибір відповідного сорту. Деякі сорти непридатні для заморожування, а результатом заморожування інших може бути низька якість або обмежена стійкість під час зберігання.

Овочі, що заморожуються, і фрукти повинні бути зібрані за повного ступеня зрілості, оброблятися й заморожуватися якомога швидше після збирання врожаю для того, щоб уникнути небажаних хімічних змін унаслідок ферментної або мікробної активності.

Овочі й фрукти вимагають значної обробки до заморожування. Після чищення й промивання для видалення з поверхні листів, бруду та ін. овочі бланшують у гарячій воді або парі за 100°C для інактивації природних ферментів. Необхідно пам'ятати, що ферменти не руйнуються за низької температури, хоча їхня активність значно зменшується й триває з низькою інтенсивністю під час зберігання продуктів навіть за -18°C і нижче. Отже, бланшування, що руйнує більшість ферментів, значно збільшує термін зберігання заморожених овочів. Тривалість бланшування залежить від сорту овочів і коливається від 1 до 1,5 хв для зеленої квасолі й до 11 хв для кукурудзи. Більша частина бактеріальної популяції руйнується разом із ферментами в процесі бланшування, але багато бактерій виживають. Для запобігання псуванню через ці бактерії овочі повинні бути охолоджені до 10°C негайно після бланшування й до впакування перед завантаженням у морозильний апарат.

Фрукти, як і овочі, повинні бути очищені й промиті для видалення коренів, листя, бруду й зниження мікробного забруднення. Фрукти більш піддані ферментному псуванню, ніж овочі, проте їх не можна бланшувати, тому що це приведе б до погіршення їхньої якості.

Ферменти, які є каталізаторами окиснювання й викликають швидке покоричневіння м'якоті, обумовлюють найбільші ушкодження заморожених фруктів. Для запобігання окиснюванню фрукт, що заморожується, покривають цукровим сиропом. Іноді для цього використовують аскорбінову, лимонну кислоти або сірчистий ангідрид.

М'ясні продукти, як правило, не вимагають спеціальної обробки до заморожування. У зв'язку з попитом, що збільшується, все більшу кількість спеціально приготовленого м'яса й м'ясних продуктів заморожують. Це стосується також птиці й продуктів моря.

Свинину й рибу звичайно заморожують якнайшвидше після охолодження через відносну нестійкість їхньої жирової тканини. Яловичина часто «дозріває» в камері остигання протягом декількох днів до заморожування, тобто трохи зм'якшується під дією ферментів. Якщо дозрівання яловичини триває більше 6...7 днів, це скорочує термін її зберігання.

Досвід показує, що птиця, заморожена через 12...24 год після забою, більш ніжна, ніж заморожена відразу. Затримка в заморожуванні більше 24 год приводить до скорочення терміну зберігання без помітного збільшення ніжності м'яса.

Способи заморожування. Харчові продукти можуть бути піддані повільному або швидкому заморожуванню. Повільне заморожування здійснюється під час завантаження продукту в низькотемпературну камеру без примусової циркуляції повітря. Температура в цих камерах підтримується в діапазоні -18...-40°C. Циркуляція повітря здійснюється за рахунок природної конвекції, а теплопередача від продукту триває від 3 год до 3 діб залежно від кількості продукту й умов у камері. У таких камерах заморожують яловичі й свинячі напівтуші, птицю в ящиках, патрану й цілу рибу, фрукти в бочках, яйця (білки, жовтки або цілі) в упакованні по 5 і 15 кг.

Швидке заморожування здійснюється одним способом або будь-якою комбінацією із трьох способів: зануренням; контактним заморожуванням упакованих продуктів; в інтенсивному потоці повітря.

Контактне заморожування в повітрі. Застосовується найчастіше. Розрізняють заморожування із природним переміщенням повітря (у камерах) і зі змушеним рухом повітря (тунельні морозилки, гравітаційно-конвеєрні й флюїдизаційні швидкоморозильні апарати). Перевагою заморожування із природним рухом повітря є простота методу, за якого не треба використовувати спеціальні пристосування й пристрої. Основний недолік – тривалість процесу (до 48 год) і, внаслідок, низька якість заморожених продуктів.

На сьогодні основним методом повітряного заморожування є створення швидкісного потоку охолодженого повітря в морозильних пристроях. Це дозволяє залежно від виду продукту й конструкції апарата значно скоротити тривалість заморожування (наприклад, для фруктів і овочів вона становить 0,1...2 год).

Для різних способів заморожування існують спеціальні апарати й кожний, як правило, призначений для заморожування продуктів, однакових за формою, структурою й складом.

У висхідному потоці повітря продукти можна заморожувати методом обдування (у щільному шарі) або продування повітрям. В останньому випадку за певної швидкості повітря продукт може перейти у зважений стан. Цей вид заморожування називається флюїдизацією. Він дозволяє значно інтенсифікувати процес заморожування. Швидкоморозильні апарати, у яких заморожування продукту здійснюється у зваженому стані, називаються флюїдизаційними.

Інтенсифікувати процес заморожування в повітряних апаратах можна зниженням температури повітря й збільшенням його швидкості. І те, й інше має свої оптимальні межі, пов'язані з енергетичними показниками роботи холодильних машин і вентиляторів. Флюїдизаційні швидкоморозильні апарати за способом транспортування в них продукту поділяють на лотокові й конвеєрні. У лотокових апаратах заморожується продукт, що переміщається за рахунок руху повітря й певного нахилу лотка або підтримуючих ґрат. Переміщення продукту в конвеєрних апаратах здійснюється за допомогою сітчастого конвеєра.

Апарати лотокового типу прості за конструкцією, але їх можна використовувати для заморожування тільки дрібних продуктів. Для обробки продуктів великих розмірів (персики, сливи, томати та ін.) необхідна значна швидкість повітря, що не вигідно з економічної точки зору. Великі продукти доцільно заморожувати в потоці повітря за часткової флюїдизації або без неї.

Істотні переваги флюїдизаційних швидкоморозильних апаратів порівняно зі звичайними – скорочення часу заморожування й більш висока якість заморожених продуктів. Основні недоліки – обмежене застосування й високі енергетичні витрати.

Контактне заморожування в рідкому середовищі. Рідкими середовищами для контактного заморожування продуктів служать розчини солей (наприклад, кухонної солі). Поряд із перевагами (простота й доступність, прискорення процесу й відсутність втрат маси) цей спосіб заморожування має істотний недолік (проникнення солі в продукт), що приводить до зміни кольору й погіршення зовнішнього вигляду.

Найбільше поширення цей спосіб одержав під час заморожування риби, а для заморожування м'яса він виявився неприйнятним, тому що сіль викликає потемніння й побуріння м'яса. Був запропонований спосіб, що знижує дифузії (проникнення в продукт, що заморожується) солі – вологоповітряне заморожування, що здійснюється в два етапи. Спочатку рибу охолоджують у розсолі до $-2...-3^{\circ}\text{C}$, потім із неї змивають плівку розсолу й швидко доморожують за допомогою повітряного апарата. Недолік цього способу полягає в непродуктивних витратах енергії для нагрівання риби під час змивання розсолу. Крім того, дифузія солі знижується незначно.

Останнім часом для виключення дифузії солі застосовують упакування продуктів у різноманітні плівки. Проте при цьому підвищується термічний опір теплообміну й ускладнюється технологія заморожування.

Заморожування киплячими холодоагентами. Воно буває безконтактним і контактним. *Безконтактне* заморожування здійснюється переважно в швидкоморозильних апаратах, де продукти затискаються між порожніми металевими плитами, у яких «кипить» холодоагент. За *контактного* заморожування використовують рідкий азот або фреони (хладони). Рідкий азот сприяє збільшенню швидкості процесу, забезпечує простоту технології під час заморожування продуктів, що відрізняються високою вартістю. Рідкі фреони є перспективними холодоагентами для заморожування, але вони не повинні

містити фтор. (Фреони, що містять фтор, маркують як «фреон-фрізант» на відміну від «фреону-холодоагенту»).

Основними й найпоширенішими технологічними засобами заморожування харчових продуктів є морозильні пристрої з машинним охолодженням – морозильні камери й морозильні апарати.

Морозильні камери являють собою приміщення холодильників із посиленою тепловою ізоляцією огорожень. Батареї безпосереднього охолодження камер розраховані на підтримання в них низьких температур (біля -30°C), додаткова циркуляція забезпечується вентиляторами. У камерах установлюють різне обладнання для розміщення й транспортування продуктів. Істотним недоліком морозильних камер є необхідність періодичного завантаження й вивантаження продуктів.

Морозильні апарати можуть бути повітряного охолодження, у яких продукти різноманітних асортиментів заморожуються в інтенсивному потоці холодного повітря; багатоплиточні, у яких продукти (рибне філе, розфасовані плоди, м'ясо та ін.) затискаються за допомогою гідравлічного пристрою між металевими плитами, що мають канали циркуляції киплячого холодоагенту або холодного розсолу; із заморожуванням у охолоджуючій рідині, у яких продукти (наприклад, тушки птиці, попередньо впаковані в полімерну плівку) піддаються впливу низької температури, і в ємності, що містить охолоджуючу рідину; із заморожуванням рідким азотом або фреоном, коли продукти покладені на стрічку транспортера.

Зберігання харчових продуктів

Машинне охолодження використовується частіше для зберігання швидкопсувних товарів, зокрема харчових продуктів на це необхідно звернути особливу увагу під час вивчення холодильного обладнання.

Зберігання харчових продуктів на сьогодні є дуже важливою проблемою. Сучасне міське населення потребує великої кількості харчових продуктів, які виробляються й обробляються у віддалених сільських районах. Природно, ці продукти необхідно зберегти під час перевезення й наступного тривалого зберігання. Воно може тривати від годин, днів, тижнів, місяців, до років. Багато продуктів, зокрема фрукти й овочі, відрізняються сезонним характером, тому що ростуть тільки в певну пору року. Необхідно передбачити відповідне зберігання для цілорічного постачання їх населенню.

Питання збереження харчових продуктів із давніх часів є найважливішою проблемою. Майже із самого початку існування людства проводився пошук способів збереження продуктів у сезони достатку для того, щоб вижити в періоди їх нестачі. Природно, що людина знайшла й розвила такі способи збереження продуктів, як сушіння, копчення, маринування й засолювання, хоча причини псування були ще невідомі. Ці досить прості способи усе ще широко використовуються на сьогодні не тільки відсталими суспільствами, що не мають інших засобів, але й високорозвиненими, у яких вони доповнюють більш сучасні способи збереження харчових продуктів. Наприклад, мільйони кілограмів зневоднених (сушених) фруктів, молока, яєць, риби, м'яса, картоплі тощо

споживаються щорічно разом із копченими, маринованими й солоними продуктами, такими, як окіст, бекон, ковбаса та ін.. Незважаючи на те, що ці старі способи придатні для збереження деяких видів харчових продуктів і завдяки ним створюються незвичайні і смачні продукти, вони мають деякі недоліки, які обмежують їхнє застосування. У результаті такої обробки зовнішній вигляд і смак продуктів часто різко змінюються, що в багатьох випадках робить їх непридатними, і тому ці способи не можна вважати універсальними. Крім того, збереження якості продуктів, оброблених таким чином, обмежено в часі. Якщо продукт повинен бути збережений протягом невизначеного або тривалого часу, необхідно використовувати інші способи.

Винахід мікроскопа й наступне виявлення мікроорганізмів як основної причини псування продуктів привело до розвитку консервування ще на початку XIX століття. Винахід консервування дав можливість зберігати продукти протягом тривалого часу. Перевагою консервованих продуктів є майже повна відсутність псування, легкість обробки, зручність перевезення й зберігання. На сьогодні консервування посідає перше місце серед всіх інших способів збереження продуктів. Головний недолік полягає в тому, що консервовані продукти повинні бути піддані стерилізації, у результаті чого вони зазнають теплової обробки. Тому, хоча консервовані продукти мають своєрідний і приємний смак, вони значно відрізняються від свіжих.

Єдиним способом збереження продукту в первісному стані є його охолодження. Це, звичайно, принципова перевага холоду над усіма іншими способами збереження продуктів. Охолодження проте теж має певні недоліки. Наприклад, коли продукт зберігається за допомогою холоду, процес охолодження повинен бути початий відразу після збирання врожаю або забою худоби чи птиці. Причому він повинен тривати до споживання продуктів. Для цього потрібно відносно дороге й громіздке обладнання, що в багатьох випадках незручно й неекономічно.

Очевидно, немає жодного способу, що був би оптимальним у всіх випадках. Вибір способу залежить від низки факторів, наприклад, виду продукту, тривалості його зберігання, наявності транспортних засобів і обладнання для зберігання. Дуже часто для одержання необхідних результатів потрібне застосування декількох способів одночасно.

Холодильне зберігання продуктів. Під зберіганням швидкопсувних продуктів за допомогою холоду розуміється використання низької температури для пригнічення життєдіяльності мікроорганізмів і ферментів, що викликають псування. Низькі температури не руйнують збудників псування настільки ефективно, як високі, проте зберігання швидкопсувних продуктів за низької температури значно знижує активність ферментів і мікроорганізмів, створюючи тим самим практичну можливість збереження продуктів у свіжому стані протягом тривалого часу. Вибір температури для зберігання продуктів залежить від виду продукту й тривалості його зберігання.

Продукти, що зберігаються, можуть бути розділені на дві категорії: продукти, які перебувають в «живому» стані; продукти, які перебувають в

«неживому» стані. «Неживі» продукти, наприклад, м'ясо, птиця і риба більше сприятливі до мікробного обсіменіння й псування, чим «живі», і звичайно вимагають більш суворих режимів зберігання.

Під час зберігання «неживих» продуктів проблема полягає в захисті мертвої тканини від гниття як ферментного, так і мікробного характеру. Життєва активність інших продуктів, наприклад, фруктів і овочів, є значним захистом проти бактеріальної інвазії, і проблема полягає в основному в збереженні продуктів в «живому» стані, зменшенні природної активності ферментів із метою уповільнення процесів дозрівання.

Овочі й фрукти після збирання настільки ж активні, як і в період росту. До збирання вони безупинно живляться від зростаючої рослини. Потім коли припиняється природне живлення, процес життєдіяльності триває за рахунок споживання накопичених живильних речовин. Це викликає зміни в овочі або фрукті, у результаті яких починається розкладання й повний розпад продукту. Основна мета холодильного зберігання таких продуктів полягає в уповільненні процесів життєдіяльності за допомогою пригнічення ферментної активності, що дозволяє зберігати продукти більш тривалий час.

Активність природних ферментів негативно позначається також на продуктах тваринного походження. Найбільш небажана дія ферментів, які каталізують гідроліз і окиснювання, пов'язані з розкладанням тваринного жиру. Прогірклість є основним чинником, що обмежує термін зберігання продуктів тваринного походження в замороженому й не замороженому станах. Прогірклість обумовлена окиснюванням тваринного жиру, тому що деякі його види менш стійкі, то термін зберігання цих продуктів залежить частково від складу жиру. Наприклад, через відносну стійкість яловичого жиру термін зберігання в яловичини значно довше, ніж у свинини або риби.

Процеси окиснювання й гідролізу регулюються за рахунок зменшення активності природних ферментів за допомогою охолодження. Швидкість окиснювання ще більше знижується в разі впакування продуктів тваринного походження в газонепроникну упаковку, що запобігає надходженню повітря (кисню) до поверхні продукту. Непрактичне зберігання фруктів і овочів у газонепроникному впакуванні в незамороженому стані. Це «живі» продукти, і таке впакування викличе їхнє псування. «Мертві» фрукти й овочі розкладаються дуже швидко.

Можна стверджувати, що за низьких температур забезпечується більш тривалий термін зберігання харчових продуктів.

Класифікація холодильного зберігання. Холодильне зберігання можна розділити на короткочасне, тривале, низькотемпературне. Під час короткочасного й тривалого продукт охолоджується й зберігається за температури вище точки його заморожування, а за низькотемпературного зберігання продукт заморожується й зберігається за температури від -12 до -23°C, але найчастіше за -18°C.

Короткочасне зберігання звичайно застосовується на торговельних підприємствах, де здійснюється швидкий збут продуктів. Тривалість зберігання

залежно від продукту коливається від 1 або 2 днів до 1 тижня і рідко триває більше 15 днів.

Тривале зберігання звичайно практикується в промислових холодильниках. Тривалість залежить від виду продукту і його стану під час надходження на зберігання. Максимальний період тривалого зберігання становить 7...10 днів для швидкопсувних продуктів, наприклад зрілих помідорів, і 6...8 місяців для інших, більш стійких до псування продуктів, наприклад, цибулі, копченого м'яса. Коли необхідно зберігати швидкопсувні продукти більш тривалий час, вони повинні бути заморожені й поміщені на низькотемпературне зберігання. Деякі свіжі продукти не направляються на низькотемпературне зберігання, тому що вони ушкоджуються в процесі заморожування, наприклад помідори. За необхідності тривалого зберігання таких продуктів варто застосовувати інші способи.

Низькотемпературне зберігання. Підтримання точної температури під час низькотемпературного зберігання не є визначальним чинником, якщо вона досить низка й постійна. Для короткочасного зберігання звичайно досить -18°C , але оптимальна температура для тривалого зберігання оптових запасів продуктів – це -21°C . Під час зберігання продуктів із нестійким жиром (який окиснюється, з вільними жирними кислотами) температура повинна бути -24°C або нижче для забезпечення максимального терміну.

Під час зберігання продуктів за температури вище -29°C , що є нормальною умовою, температура в камері зберігання повинна бути постійною з коливаннями не більше $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Значні коливання температури зберігання викликають поперемінне розморожування й заморожування продукту, у результаті чого збільшуються розміри кристалів льоду з одночасним ушкодженням кліток, як за повільного заморожування.

Багато пакувальних матеріалів не забезпечують повного захисту від усушки, у зв'язку із чим відносна вологість повинна підтримуватися на високому рівні (85...90%) у низькотемпературних камерах, особливо за тривалого зберігання.

Надто важливо також правильно розташовувати продукти, для того щоб забезпечити достатню циркуляцію повітря біля продукту. Дуже важливо зберегти достатній повітряний простір між продуктом і стінами камери схову, що не тільки сприяє циркуляції повітря біля продукту, але й виключає можливість поглинання продуктом тепла від стін.

Умови зберігання. Оптимальні умови під час короткочасного або тривалого зберігання залежать від природи кожного окремого продукту, терміну зберігання, чи перебуває він в упакованому або неупакованому вигляді. Взагалі, умови, необхідні для короткочасного зберігання, більше гнучкі, ніж для тривалого, і звичайно продукти можна зберігати за більш високої температури. Умови, що рекомендуються для короткочасного й тривалого зберігання, приблизний термін зберігання різних продуктів і інших характеристик наведені в таблицях. Більш високу температуру застосовують під час змішаного зберігання з метою запобігти ушкодженню схильних до захворювань продуктів, коли вони зберігаються при температурах нижче їхньої критичної температури. Більш

висока температура скорочує термін зберігання деяких продуктів, проте це є серйозною проблемою.

У разі необхідності тривалого зберігання в більшості розподільних (оптових) і виробничих холодильників є холодильні камери для роздільного зберігання продуктів. Загальноприйнятою практикою під час змішаного зберігання є угруповання різних продуктів, що вимагають приблизно однакових умов.

Інша проблема, пов'язана зі змішаним зберіганням, полягає в поглинанні продуктами сторонніх запахів. Деякі продукти поглинають або виділяють запахи під час зберігання. Необхідно уникати спільного зберігання таких продуктів навіть протягом короткого часу. Зокрема, молочні продукти дуже чутливі до запахів інших продуктів, що зберігаються разом із ними. Картопля виділяє найбільшу кількість неприємних запахів, і її не можна зберігати із фруктами, яйцями, молочними продуктами або горіхами.

Стан продукту під час закладання на зберігання є найважливішим чинником, що визначає термін зберігання в охолоджену стані. Охолодження припиняє або сповільнює природні процеси псування. На зберігання необхідно закладати овочі й фрукти тільки високої якості. Ушкоджені овочі й фрукти (особливо з ушкодженням шкірки) значною мірою втрачають свій природний захист від впливу мікроорганізмів, у результаті чого псуються. Дозрівання овочів і фруктів триває й після збирання. Тому їх необхідно збирати до повного дозрівання. Термін зберігання повністю дозрілих, але ушкоджених овочів і фруктів надзвичайно короткий навіть за оптимальних умов зберігання. Такі продукти треба направляти в торговельну мережу для запобігання надлишковим економічним втратам. Харчові продукти починають псуватися негайно після збирання врожаю або забою, і тому необхідно вживати негайних заходів для їхнього збереження. Максимальний термін зберігання з мінімальним погіршенням якості забезпечується при можливо більш швидкому охолодженні продукту до температури зберігання. Якщо необхідно перевозити продукти на значну відстань до місця зберігання, то необхідно попередньо їх остудити й перевозити холодильним транспортом.

Розглянуті вище процеси охолодження й заморожування продуктів є підготовчими етапами до холодильного зберігання – періоду, коли продукти після охолодження або заморожування перебувають у сховищі за температури, до якої були доведені. Зберігають продукти в тих же приміщеннях, де їх охолоджували (заморожували), або направляють у спеціальні холодильні камери (сховища).

Для кожного продукту встановлені оптимальні температурні режими зберігання: зі збільшенням термінів зберігання повинна підтримуватися більш низька температура. Граничним називається такий термін зберігання за даною температурою, після закінчення якого в продуктах з'являються сторонні запахи, погіршуються колір і зовнішній вигляд.

Під час зберігання швидкопсувних продуктів потрібно дотримуватися обов'язкових умов: доброякісність продуктів, відповідність їх ДСТУ, чистота

камер (періодична дезінфекція й прибирання), сталість (у припустимих межах) заданих температур, відносна вологість й швидкість циркуляції повітря.

Під час зберігання в холодильних камерах із продуктів випаровується волога, що приводить до їхньої усушки, тобто зниження маси й погіршення якості. Для зменшення усушки, яка викликана надходженням у камери зовнішнього тепла, застосовують високоефективну теплову ізоляцію огорожень, теплозахисну повітряну оболонку в зовнішніх стінах камер, а також більш щільне укладання продуктів або штучне зволоження повітря (за повітряного охолодження).

Умови зберігання охолоджених, переохолоджених, підморожених і заморожених продуктів різні.

Зберігання охолоджених продуктів. Терміни зберігання продуктів в охолодженому стані значною мірою залежать від їхніх властивостей і від температури, що встановлюється звичайно в інтервалі від $-1,5$ до 10°C .

Протягом усього періоду зберігання повинна підтримуватися постійна температура повітря, тому що її коливання приводять до конденсації вологи на поверхні продуктів і створення умов, сприятливих для розвитку цвілі й мікроорганізмів.

Продукти найчастіше розміщують штабелями з дотриманням відступів від огорожень і обладнання камер і зазорів для вентиляції. Тара з дерева, пластмаси, картону повинна сприяти циркуляції повітря, швидкому відведенню тепла від продукту. Використання різного типу піддонів і контейнерів дозволяє механізувати вантажно-розвантажувальні й транспортно-складські роботи.

Режими зберігання продуктів вибираються відповідно до рекомендацій Міжнародного інституту холоду (МІХ). Так, за 4°C термін зберігання яловичини в тушах (без упакування) становить 10...15 днів, за $-1,5^{\circ}\text{C}$ 3...5 тижнів. Відносна вологість повітря в камерах для зберігання охолодженого м'яса повинна бути 85...95%, для рибопродуктів – приблизно 100% (для солоних рибопродуктів припустима вологість 75...90%, для сушених, без захисного впакування – близько 50%).

Зберігання переохолоджених і підморожених продуктів. Переохолоджені й підморожені продукти можуть зберігатися довше охолоджених. Так, наприклад, терміни зберігання підмороженого м'яса подовжуються в середньому в два рази. Підморожене м'ясо, що зберігалось протягом місяця за $-2...-3^{\circ}\text{C}$ у штабелях висотою 1,5 м, мало чим відрізняється від охолодженого.

Підморожування доцільно вести до середньооб'ємної температури $-1,2^{\circ}\text{C}$. Підморожений шар 4 см, який утворюється при цьому, забезпечує можливість транспортування й зберігання напівтуш у штабелях.

Рибу підморожують до температури в товщі від 0 до -1°C , а в підмороженому шарі – від -3 до -5°C . Підморожену рибу, упаковану в ящики, зберігають або транспортують за $-2...-3^{\circ}\text{C}$.

Підморожене м'ясо всіх видів (у штабелях або підвішене) зберігають за -2°C не більше 20 діб, з огляду на тривалість транспортування. Курячі яйця переохолоджують і зберігають за $-2...-2,5^{\circ}\text{C}$, і далі знижувати температуру не треба.

За даними МІХ терміни зберігання підморожених курчат ($t=-2^{\circ}\text{C}$) у проникній плівці становлять 3...4 тижнів, а в аналогічних умовах за $+4^{\circ}\text{C}$ – один тиждень.

Зберігання заморожених продуктів. Під час зберігання заморожених продуктів підтримується досить низька температура, за якої деякі ферментативні процеси істотно загальмовуються, життєдіяльність мікрофлори припиняється. Немає потреби для збільшення тривалості зберігання застосовувати різні засоби (наприклад, регульоване газове середовище тощо) й найчастіше використовується головний фактор – температура. Міжнародний інститут холоду рекомендує зберігати заморожені продукти за температури не вище -12°C і відносної вологості повітря не менше 95%. Від температурних режимів залежать припустимі терміни зберігання. Так, птиця за -12°C може зберігатися 3 місяці, за -18°C – від 6 до 8 місяців.

Відповідно до вимог технологічних інструкцій із охолодження, заморожування, розморожування й зберігання продуктів на підприємствах м'ясної промисловості в камерах допускається помірна циркуляція повітря ($0,2...0,3$ м/с). Для збільшення термінів зберігання м'яса передбачене застосування більш низьких температур (-25°C).

Морожену рибу зберігають за $-18...-30^{\circ}\text{C}$, жирні сорти риби – за $-30...-35^{\circ}\text{C}$. Тривалість зберігання в трюмах і камерах риби, замороженої в повітрі за $-15...-20^{\circ}\text{C}$, становить для осетрових і лососевих 3...8 місяців, частикових і тріскових 7...9, сельдевих 2...5 місяців.

Морозиво зберігають за -20°C ; припустимі терміни зберігання становлять для більшості сортів від одного (молочне вагове) до трьох (пломбір ваговий без наповнювача) місяців. У торговельній мережі морозиво дозволяється зберігати за температури не вище -12°C .

Заморожені продукти зберігають у щільних стійких штабелях із застосуванням піддонів, у тому числі стійкових, а також в упакованому вигляді.

Розморожування харчових продуктів (дефростація) застосовується для певної категорії продуктів (яйця, фрукти, овочі, банкові консерви та ін.), щоб вони, потрапляючи з холодного середовища в тепле, не запотівали, тобто щоб на них не конденсувалася волога з повітря, що є сприятливим середовищем для розвитку мікроорганізмів. Для деяких продуктів (вершкового масла, сметани, виробів із риби) волога, що конденсується на їхній поверхні, нешкідлива.

Розморожування здійснюється в спеціальних камерах із посиленою циркуляцією повітря, яке кондиціонується – дефростерах – протягом 30...40 годин. При цьому температура повітря в дефростері підтримується на $2...3^{\circ}\text{C}$ вище температури продуктів, а вологість – на рівні 80%. Кінцева температура розморожування залежить від температури й вологості зовнішнього повітря:

якщо повітря сухе (відносна вологість 40...50%), то ця температура повинна бути нижче його температури на 4...5°C, якщо вологе – на 2...3°C.

Розморожування продуктів проводять перед уживанням або переробкою для повернення продукту в стан, близький до вихідного, який він мав перед заморожуванням, при цьому кристали льоду в продукті перетворюються на рідину.

Існує два методи розморожування продуктів: поверхнєве й внутрішнє нагрівання. В разі поверхнєвого нагрівання енергія для відтавання надходить від поверхні продукту, а як носії тепла використовують повітря, пароповітряні суміші, рідини (воду, розсіл). Під час внутрішнього нагрівання теплова енергія виділяється усередині продукту, при цьому для одержання тепла використовують електричний струм високої частоти, інфрачервоні промені й ультразвук.

У повітрі розморожуються майже всі продукти. Камеру, де відбувається розморожування, обладнують кондиціонерами або калориферами й системою повітряних каналів. Температуру циркулюючого повітря поступово збільшують, підтримуючи її постійно на 5...6°C вище температури продукту, який розморожується. Розморожування закінчується, коли температура в товщі продукту дорівнює 0°C.

У воді продукти розморожують шляхом занурення (наприклад, м'ясо, птицю, рибу) або зрошенням. Під час розморожування у воді скорочується тривалість процесу, й виключається втрата маси внаслідок випару вологи.

Методи внутрішнього нагрівання пов'язані з більшими енергетичними витратами, чим розморожування в повітрі або у воді, але дуже прості, гігієнічні й технологічні, вони знаходять застосування в основному для розморожування, розігрівання й приготування кулінарних виробів.

1.3. Класифікація холодильного обладнання

Для зручності вивчення холодильне обладнання поділяють на шість загальних типів: побутове, торговельне, промислове, морське, холодильний транспорт, обладнання для кондиціювання повітря.

Побутове холодильне обладнання обмежується переважно домашніми холодильниками, морозильниками та холодильниками-морозильниками. Проте внаслідок великої кількості працюючих агрегатів побутове холодильне обладнання складає значну частину холодильної промисловості.

Побутові агрегати звичайно невеликого розміру з номінальною потужністю від 35 до 375 Вт. Це обладнання герметичного типу.

Торговельне холодильне обладнання. Передбачається конструювання, монтаж й обслуговування агрегатів, використовуваних у магазинах, ресторанах, готелях і інших підприємствах для зберігання, демонстрації, обробки й продажу всіх видів швидкопсувних продуктів.

Промислове холодильне обладнання часто плутають із торговельним, тому що немає його чіткого розподілу. Як правило, промислове обладнання більше торговельного, і потребує постійної присутності інженера з експлуатації.

Промислове обладнання застосовується на заводах із виробництва льоду, великих підприємствах із переробки продуктів (м'яса, риби, птиці, заморожених продуктів і тощо), на пивоварних підприємствах, молокозаводах, а також на промислових підприємствах, наприклад, нафтопереробних і хімічних заводах, на заводах із виробництва гумовотехнічних виробів та ін. Промислове холодильне обладнання використовується також у будівельній промисловості.

Морське холодильне обладнання можна віднести частково до групи торговельного й частково до групи промислового обладнання. Проте спеціалізація в цих областях досягла такого розвитку, що вимагає особливого розгляду.

Морське холодильне обладнання звичайно включає обладнання на борту морських суден, наприклад, на рибальських судах, суднах, що транспортують швидкопсувні продукти, а також холодильне обладнання для зберігання продуктів на судах всіх типів.

Холодильний транспорт включає обладнання авторефрижераторного транспорту для далеких і місцевих перевезень, а також холодильного залізничного транспорту.

Обладнання для кондиціонування повітря регулює стан повітря в певному обмеженому просторі, включаючи не тільки температуру, але й вологість, циркуляцію, фільтрацію й очищення повітря.

Обладнання для кондиціонування повітря поділяється на два типи залежно від призначення, тобто для комфортного або промислового кондиціонування. Комфортне кондиціонування повітря – це кондиціонування з метою створення комфортних умов для організму людини, наприклад, у житлових будинках, школах, конторах, готелях, магазинах, громадських будівлях, на фабриках і заводах, в автомобілях, автобусах, поїздах, літаках, на судах і тощо.

Кондиціонування повітря, що не призначене для створення комфортних умов, називається промисловим кондиціонуванням, або технологічним. Це не означає, що воно не може також служити для створення комфортних умов.

Запитання до розділу

1. Назвіть особливості холодильних технологій, що використовуються у харчовій та переробній галузях.
2. Роль холодильних технологій на підприємствах ресторанно-готельного бізнесу та торгівлі.
3. Які види середовищ застосовують для охолодження харчової сировини та продуктів?
4. Назвіть способи заморожування харчової сировини та продуктів.
5. Охарактеризуйте суть та методи холодильного зберігання.
6. Назвіть способи дефростації харчових продуктів.
7. За якими критеріями класифікують холодильне обладнання?
8. Як впливає специфіка технологічних процесів на конструкцію та вид холодильного обладнання?

РОЗДІЛ 2

ХОЛОДИЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗАМОРОЖУВАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

2.1. Холодильне технологічне обладнання камер заморожування м'яса

Пристрої, призначені для заморожування харчових продуктів, виконуються у вигляді камер і морозильних апаратів.

На підприємствах харчові продукти, які швидко псуються, заморожують у морозильних апаратах у розфасованому, а часто й в упакованому виді.

Як правило, у камерах заморожують м'ясо, що розташовують на підвісних шляхах чи в піддонах, які розміщують на стійках. У камерах заморожування повітря охолоджують за допомогою парових і повітряних холодильних машин.

Холодильне обладнання, що знаходиться в камерах заморожування м'ясокомбінатів, складається з камерних охолоджуючих приладів, виконаних у вигляді батарей і повітроохолоджувачів.

Залежно від виду руху повітря й типу обладнання камери заморожування м'яса можуть бути з примусовим і природним рухом повітря. Камери з примусовим рухом повітря оснащують повітроохолоджувачами, а іноді батареями разом із системами розподілу повітря, а камери з природним рухом повітря – пристінними, стельовими чи міжрядними радіаційними батареями.

Залежно від організації технологічного процесу камери заморожування можуть бути одно- і двофазного заморожування. У однофазних заморожуються теплі (парні) напівтуші м'яса, а двофазних – туші попередньо охолодженого м'яса. За однакового конструктивного рішення в камерах однофазного заморожування треба передбачати велику площу поверхні охолоджуваних приладів.

Камери заморожування м'яса можуть працювати безупинно чи періодично. У камерах тунельного типу, що працюють безупинно, добре прораховується потоковість технологічного процесу, його автоматизація й програмування. У разі використання цих камер у холодильниках можуть бути відсутні спеціальні приміщення, призначені для накопичення м'яса, а теплове навантаження на холодильне обладнання рівномірне, що приводить до скорочення як капітальних, так і експлуатаційних витрат.

Конструктивно камери заморожування м'яса можуть виконуватися прохідними і тупиковими. У прохідних завантаження м'ясом і його вивантаженням проводиться через спеціальні дверні прорізи, розташовані звичайно в торцевих стінах, а в тупикових – через загальний дверний проріз.

2.1.1. Обладнання камер із примусовим рухом повітря

Камери заморожування м'яса з вимушеним рухом повітря виконуються у вигляді камер і тунелів.

Камера однофазного заморожування м'яса тунельного типу з подовжнім рухом повітря представлена на рисунку 2.1а. Прохідна камера обладнана шістьма сухими стельовими повітроохолоджувачами,

розташованими під балками підвісних шляхів. Кожен повітроохолоджувач обслуговується осьовим багатолопатеvim вентилятором.

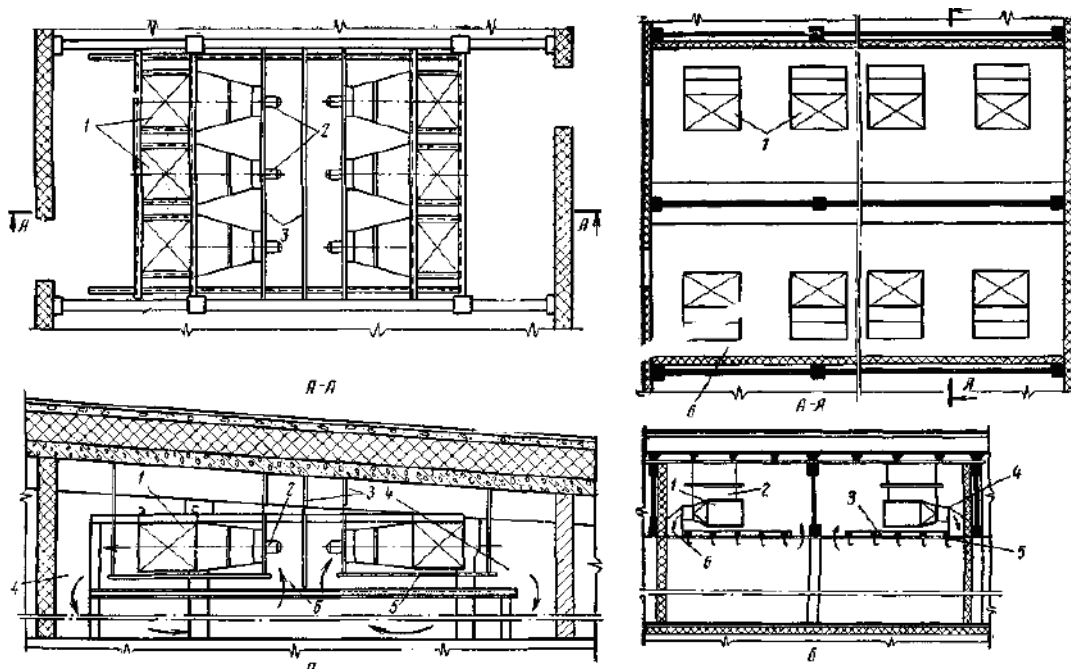


Рисунок 2.1 – Камера однофазного заморожування м'яса тунельного типу:
а – з подовжнім рухом повітря: 1 – стельові повітроохолоджувачі; 2 – осьові багатолопатеvim вентилятори; 3 – вертикальні перегородки; 4 – нагнітальне вікно; 5 – удавана стеля; 6 – всмоктувальне вікно; **б – з поперечним рухом повітря:** 1 стельовий повітроохолоджувач; 2 – підвіска; 3 – удавана стеля; 4 – нагнітальне вікно; 5 – підвісний шлях; 6 – напрямний апарат

Повітря, що виходить із повітроохолоджувачів, ударяється об торцеву стінку камери, утрачаючи частину швидкісного (динамічного) напору.

Для створення спрямованого руху повітря в камері є удавана стеля й вертикальні перегородки, що утворюють нагнітальні та усмоктувальні вікна. Нагнітальні вікна знаходяться в торцевих стінах камери, а усмоктувальні – у її центральній частині.

Охолоджене у повітроохолоджувачах повітря потрапляє в камеру через нагнітальні вікна та омиває напівтуші м'яса, розташовані на підвісних шляхах, а потім через усмоктувальні вікна надходить до вентиляторів і знову направляється для охолодження. Таким чином, повітря в камері рухається по двох вертикальних циркуляційних кільцях.

Камери також обладнані спеціальними автоматичними конвеєрами, що забезпечують механізоване завантаження, вивантаження й безупинне переміщення напівтуш м'яса в камері під час їхнього заморожування.

Тривалість однофазного заморожування напівтуш м'яса за температури повітря в камері мінус 30°C та швидкості руху повітря біля стегнових частин напівтуш 1,8 м/с складає 22 год.

Для поліпшення розподілу повітря після повітроохолоджувачів установлюють напрямні апарати, що забезпечують як плавний поворот потоку

повітря, так і раціональне обдування стегових частин напівтуш, що заморожуються. Тривалість заморожування м'яса в камерах із напрямними апаратами скоротилася на 20...25% за рахунок збільшення швидкості руху повітря й раціонального обдування напівтуш.

Переваги: компактність холодильного обладнання, раціональне використання будівельної площі, високий ступінь автоматизації та механізації.

Недоліки: значна нерівномірність швидкості руху повітря за довжиною камери, а також погана організація його циркуляції.

Нерівномірність руху повітря за довжиною камери зменшується, якщо повітря циркулює не в подовжньому, а в поперечному напрямку камери.

Обладнання камери з поперечним рухом повітря (рис. 2.1б) складається з дванадцяти стельових повітроохолоджувачів. У камеру холодне повітря попадає через нагнітальні вікна, розташовані вздовж її довгої сторони, а опілене видаляється через усмоктувальні вікна.

Переваги: удавана стеля, усмоктувальні й нагнітальні вікна, а також напрямні апарати забезпечують рівномірний рух повітря в поперечному напрямку камери.

Недоліки: необхідність розміщення значної кількості повітроохолоджувачів, що приводить до зростання вартості обладнання камери й підвищеної витрати електроенергії.

Камери заморожування м'яса із системою безпосереднього повітряного душування аналогічні камерам охолодження м'яса.

Камера заморожування м'яса із системою душування через міжшляхові повітроохолоджувачі показана на рис. 2.2. Охолоджувальні секції міжшляхових повітроохолоджувачів у таких камерах можуть виготовлятися з гладких чи з оребрених труб (діаметром 38×2,5 мм із кроком оребрення 13,3 мм). Міжшляхові повітроохолоджувачі розташовують безпосередньо під каркасом підвісних шляхів.

Повітроводи прямокутного перетину монтуються над охолоджувальними секціями повітроохолоджувачів, а осьові вентилятори – в однин із торців повітроводу. Гнучка вставка від осьового вентилятора до повітроводу гасить шум і вібрації.

Поряд із міжшляховими повітроохолоджувачами в камері можна встановлювати і пристінні батареї.

Для ефективної роботи охолоджувальних приладів камери, снігову шубу з їх тепло передавальної поверхні знімають за допомогою гарячих парів аміаку.

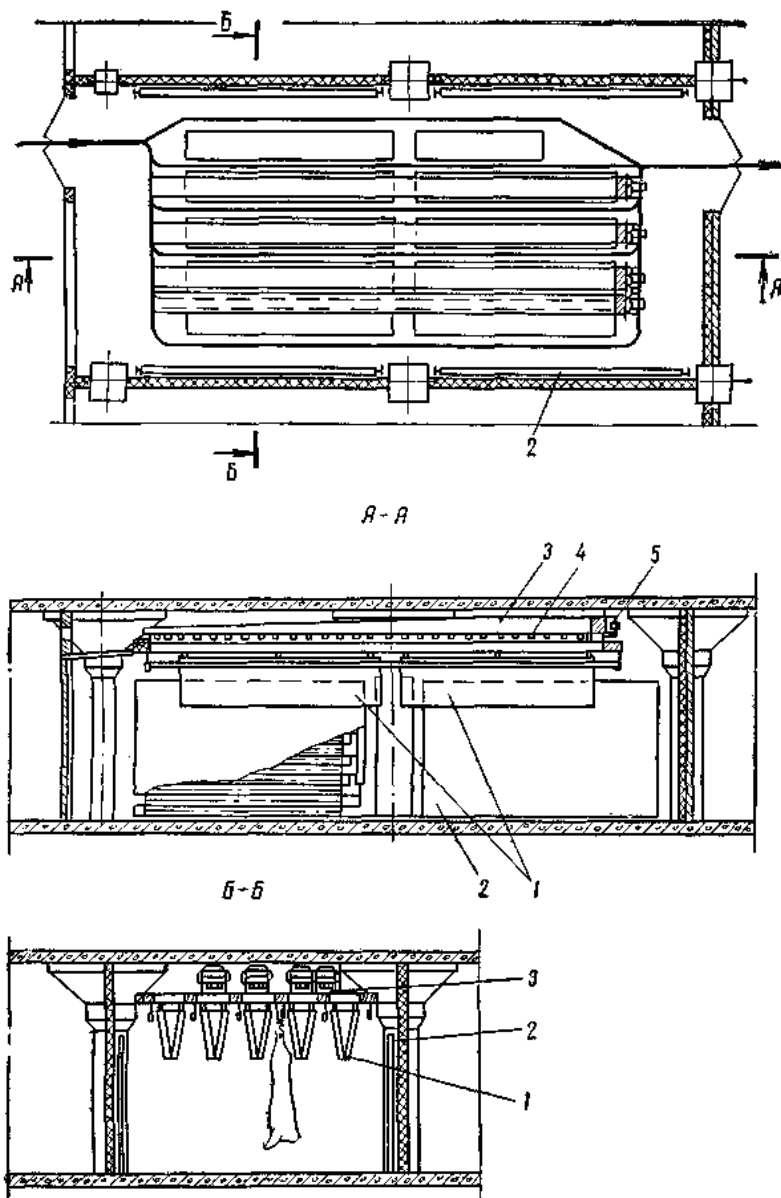


Рисунок 2.2 – Камера однофазного заморожування м'яса із системою повітряного душування через міжшляхові повітроохолоджувачі: 1 – міжшляховий повітроохолоджувач; 2 – пристінна батарея; 3 – повітровід; 4 – циліндричне сопло; 5 – осьовий вентилятор

У виробничих і розподільних холодильниках застосовують камери заморожування м'яса з міжрядними батареями й вимушеним рухом повітря. До складу обладнання камери (рис. 2.3) входять міжрядні батареї спеціальної конструкції, виготовлені з оребрених труб, осьові вентилятори, удавана стеля та вертикальні перегородки з вікнами для організації руху повітря. Міжрядні батареї в сполученні з вертикальними перегородками поділяють камеру на чотири тунелі (відсіки). У кожному тунелі на підвісних шляхах знаходяться напівтуші, що заморожуються.

Повітря, що нагнітається осьовими вентиляторами, каналом, утвореним удаваною стелею і перекриттям камери, через нагнітальне вікно направляється в перший тунель, у якому, рухаючись зверху донизу зі швидкістю 3 м/с, омиває

напівтуші, що заморожуються. Через вікно, розташоване в нижній частині перегородки, повітря надходить у другий тунель, у якому циркулює знизу нагору.

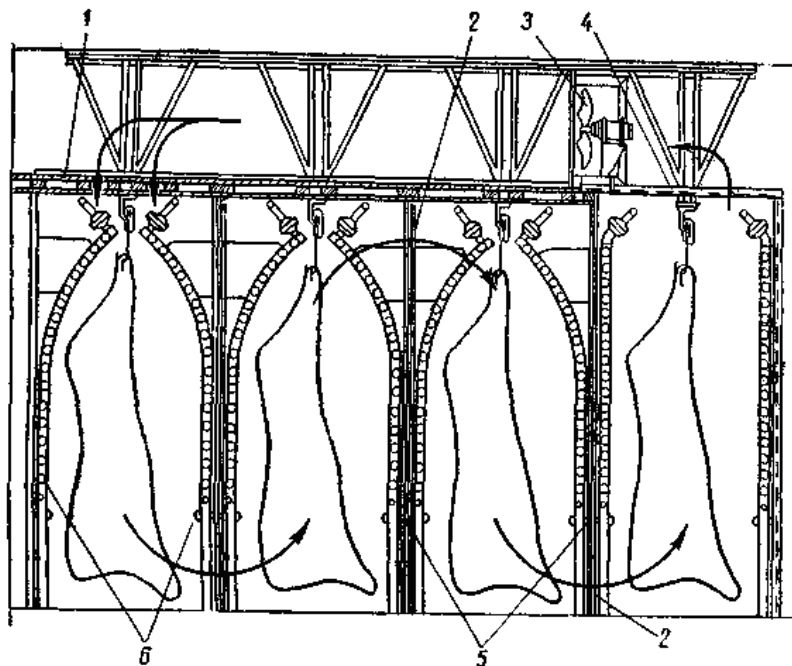


Рисунок 2.3 – Камера заморожування м'яса з міжрядними батареями та вимушеним рухом повітря: 1 – нагнітальне вікно; 2 – вікно перегородки; 3 – осьовий вентилятор; 4 – всмоктувальне вікно; 5 – перегородки; 6 – міжрядні батареї. Стрілки показують напрямки руху повітря

Далі повітря через вікно перегородки переходить у третій тунель, опускається вниз і направляється в четвертий тунель, з якого засмоктується вентиляторами через всмоктувальне вікно.

Переваги: інтенсивність процесу заморожування м'яса за відносно малої усушки. Так, за температури повітря -35°C тривалість заморожування попередньо охолодженого м'яса складає 10...12 год.

Недоліки: складність конструкції й значна металоємність міжрядних батарей; труднощі їхньої експлуатації, що насамперед, відноситься до відводу поталої води; неможливість використання вантажного обсягу камери для збереження мороженого м'яса в міжсезонний період.

У розподільних холодильниках передбачаються **камери заморожування з постаментними повітроохолоджувачами й повітроводами**. Обладнання таких камер (рис. 2.4) складається з постаментного повітроохолоджувача з осьовими вентиляторами і повітроводів із подовжніми соплами. Постаментний повітроохолоджувач зазвичай розміщується в торцевій стіні, що межує з опалювальним приміщенням. Таке розташування повітроохолоджувача полегшує видалення талої води за гарячого відтавання інею з тепло передавальної поверхні оребрених труб.

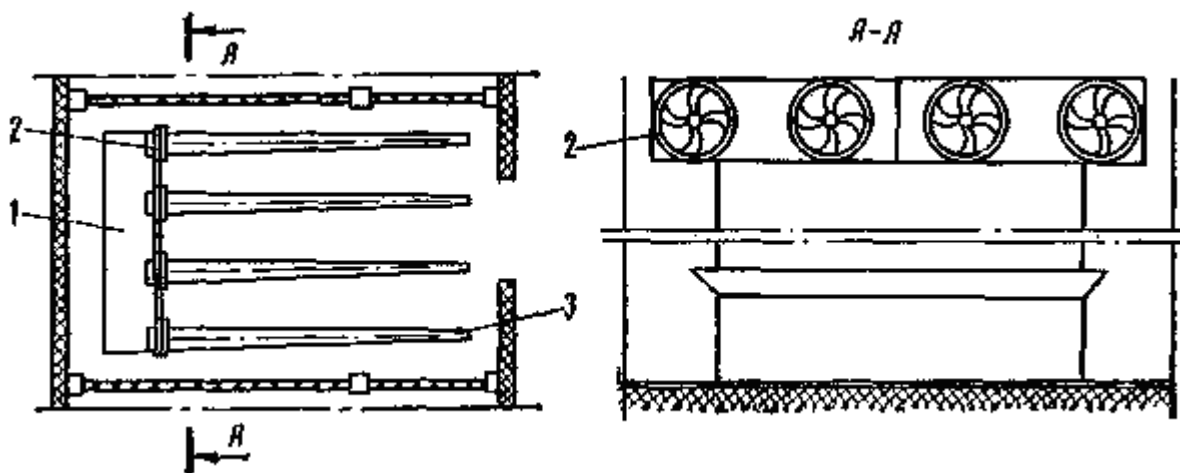


Рисунок 2.4 – Камера заморожування м'яса з постаментним повітроохолоджувачем та повітроводами: 1 – постаментний повітроохолоджувач; 2 – осьовий вентилятор; 3 – повітровід із подовжніми соплами

Охолоджене у повітроохолоджувачі повітря осьовими вентиляторами направляєється в круглі повітроводи.

Холодне повітря, виходячи із сопел зі швидкістю 7...8 м/с, обдуває стегові частини напівтуш. Швидкість руху повітря біля стегових частин напівтуш складає 1,5...2 м/с. Тривалість заморожування охолодженого м'яса в камері за середньої температури повітря -30°C складає 14...16 год.

Переваги: швидке й повноцінне заморожування м'яса.

Недоліки: підвищена металоємність і енергоємність обладнання через наявність повітроводів у камері.

У розподільних холодильниках експлуатуються і камери заморожування м'яса **тунельного типу з вимушеним рухом повітря й вдаваною стелею**. Вони працюють так само, як і камери аналогічної конструкції, призначені для охолодження м'яса.

У камерах заморожування м'яса проектна швидкість виходу повітря із щілин удаваної стелі складає 7...8 м/с, а біля стегових частин напівтуш, що заморожуються, 1...1,2 м/с. За середньої температури повітря в камері -30°C тривалість заморожування охолодженого м'яса дорівнює 20...22 год.

2.1.2. Обладнання камер із природним рухом повітря

У холодильниках при м'ясокомбінатах функціонують камери заморожування м'яса, у яких холодна обробка напівтуш проводиться за природного руху повітря. Обладнання таких камер складається з пристінних і стельових батарей, виготовлених із гладких труб. Пристінні батареї розташовують у стін між колонами, а стельові – над каркасом підвісних шляхів.

Відношення тепло передавальної поверхні охолоджувальних приладів до площі підлоги камери складає 3...4 м² на 1 м² площі підлоги.

Переваги: простота обладнання й відсутність енергетичних витрат на роботу вентиляторів.

Недоліки: процес холодильної обробки м'яса в таких камерах тривалий і супроводжується підвищеною усушкою, яка на 15...20% більша, ніж у камерах заморожування з вимушеним рухом повітря. Напівтуша м'яса заморожується нерівномірно. Різну тривалість заморожування стегнової й лопаткової частин напівтуші можна пояснити не тільки їхньою неоднаковою товщиною, але й значним зростанням температури за висотою камери, що досягає 2...2,5°C на 1 м будівельної висоти. Камери заморожування м'яса з пристінними та стельовими батареями мають підвищену металоємність обладнання, що перевищує в 2...4 рази металоємність обладнання камер заморожування з вимушеним рухом повітря. Значна довжина труб, із яких монтуються пристінні та стельові батареї камер заморожування, ускладнює експлуатацію холодильної установки.

З метою інтенсифікації процесу холодильної обробки м'яса камери заморожування з пристінними і стельовими батареями і природним рухом повітря потребують модернізації.

Модернізована камера заморожування м'яса показана на рис. 2.5.

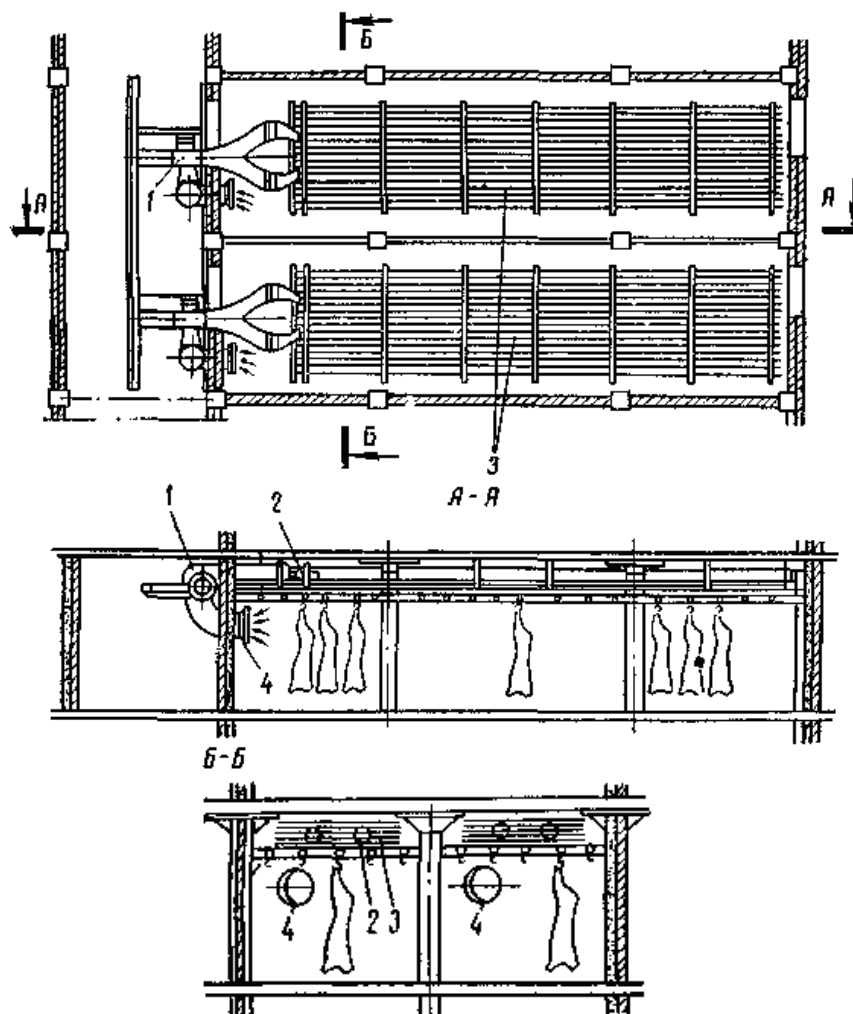


Рисунок 2.5 – Модернізована камера заморожування м'яса: 1 – вентилятор; 2 – сопло; 3 – батарея; 4 – всмоктувальний патрубок

Для збільшення швидкості руху повітря в зоні розташування стегнової частини напівтуші монтують вентилятори в сполученні з безканаліною системою розподілу повітря. Середня швидкість руху повітря біля батарей повинна складати не менш 1...1,5 м/с, а біля стегнової частини напівтуш – 0,4 м/с.

Одним зі шляхів інтенсифікації процесу заморожування в камерах із природним рухом повітря є використання радіаційного теплообміну. Для цього охолоджувальні батареї розміщують між рядами підвісних шляхів. За такого розташування охолоджувальних батарей на кожну з напівтуш, що заморожуються, діють циркуляційні повітряні потоки.

Обладнання камери заморожування з міжрядними радіаційними батареями включає піддони для збору поталої води та систему дренажних трубопроводів, що обігріваються. Міжрядні радіаційні батареї розміщують у верхній зоні камери біля товстих стегнових частин напівтуш. Таке розташування не тільки створює умови для радіаційного теплообміну між стегновою частиною й температури за висотою камери, що також сприяє прискоренню заморожування м'яса.

Переваги: тривалість заморожування скоротилася на 40...50% (із одночасним зменшенням усушки) порівняно з тривалістю заморожування в камерах, обладнаних пристінними та стельовими батареями.

Недоліки: труднощі використання приміщень для збереження вантажів і підвищена металоємність охолоджувальних приладів.

2.1.3. Порівняльні показники камер заморожування м'яса

Порівняльні показники роботи камер заморожування м'яса наводяться в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Порівняльні показники камер заморожування м'яса

Показники	Камери однофазного заморожування м'яса		
	тунельного типу з подовжнім рухом повітря	тунельного типу з поперечним рухом повітря	із системою повітряного душення через міжшляхові повітроохолоджувачі
1	2	3	4
Площа підлоги камери, м ²	65	54	72
Ємність камери, т	11,2	7,5	13
Тривалість заморожування, год	22	24	21
Площа поверхні охолоджувальних пристроїв, м ²	678	480	745

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4
Потужність електродвигунів вентиляторів, кВт	13,2	18	4,4
Усушка, %	1,2	1,05	1,19
Питомі витрати металу, т на 1 т замороженого м'яса	0,51	0,54	0,44
Знімання м'яса з 1 м ² площі підлоги, т на добу	0,17	0,14	0,2
Питома витрата електроенергії на привід вентиляторів повітроохолоджувачів, кВт·год на 1 т	2,6	5,7	0,71
Оснащеність приладами охолодження	10,5	8,9	10,5
Продуктивність камери, т в рік	850	635	1100
Тип охолоджувальних приладів	Сухі стельові повітроохолоджувачі	Сухі стельові повітроохолоджувачі	Міжшляхові повітроохолоджувачі та пристінні батареї

Питомі витрати металу характеризують конструктивну досконалість камер. Знижені витрати металу в камері із системою повітряного душення можна пояснити тим, що міжшляхові повітроохолоджувачі та пристінні батареї монтуються з труб із малим кроком оребрення (13,3 мм), а секції стельових повітроохолоджувачів виготовлені з труб із кроком оребрення 22 мм. Застосування труб із підвищеним кроком оребрення, хоча і приводить до деякого зростання металоємності камер, проте дозволяє ефективно експлуатувати повітроохолоджувачі в камерах заморожування м'яса.

У камерах із системою повітряного душення через міжшляхові повітроохолоджувачі питома витрата електроенергії на привід вентиляторів повітроохолоджувачів мінімальна, а в камері тунельного типу з поперечним рухом повітря – максимальна. Максимальна питома витрата електроенергії в камері тунельного типу з поперечним рухом повітря пояснюється тим, що для створення оптимальної швидкості руху повітря потрібно подавати значну кількість повітря вентиляторами.

Оснащеність приладами охолодження є мінімальною в камерах тунельного типу з поперечним рухом повітря.

Очевидний дефіцит тепло передавальної поверхні в цих камерах є причиною збільшення тривалості заморожування та зменшення знімання замороженого м'яса.

Таким чином, аналіз порівняльних показників роботи камер однофазного заморожування м'яса показує, що вони не позбавлені низки конструктивних і експлуатаційних недоліків.

2.1.4. Основи розрахунку камер заморожування м'яса

Під час розрахунку камер заморожування м'яса, якщо задана тривалість циклу заморожування, продуктивність камери, температура повітря, а також початкова й кінцева температури м'яса, необхідно визначити ємність камери, її площу та розміри; необхідний коефіцієнт тепловіддачі від м'яса, що заморожується; швидкість руху повітря в зоні розташування стегнової частини напівтуші, що заморожується, а також на виході повітря із сопел; кількість повітря; теплове навантаження на холодильне обладнання камери; теплопередавальну поверхню повітроохолоджувача; аеродинамічний опір у циркуляційному кільці й потужність електродвигунів.

Ємність камери заморожування м'яса визначають за рівнянням (2.1), а площу підлоги камери – за формулою (2.3).

$$G = \frac{G' \tau_{\text{ц}}}{24}, \quad (2.1)$$

де G – ємність камери, т;
 G' – продуктивність камери, т на добу;
 $\tau_{\text{ц}}$ – тривалість циклу охолодження, год;

$$\tau_{\text{ц}} = \tau + \tau_{\text{з.в.}}, \quad (2.2)$$

де $\tau_{\text{з.в.}}$ – тривалість завантаження та вивантажування камер з періодичним завантаженням та вивантажуванням, год.

$$F_{\text{с}} = \frac{G}{g_{\text{F}}}, \quad (2.3)$$

де $F_{\text{с}}$ – будівельна площа камери, м²;
 g_{F} – норма навантаження, віднесена до 1 м² будівельної площі камер, кг/м² (225...250 кг/м²).

Якщо в камері встановлюють постаментний повітроохолоджувач, то площа камери складає

$$F'_c = n_d F_c, \quad (2.4)$$

де F'_c – будівельна площа камери, м²;
 n_d – коефіцієнт, який ураховує додаткову площу для постаментного повітроохолоджувача (1,1...1,5);
 F_c – будівельна площа камери без врахування установки в ній повітроохолоджувача, м².

Довжину шляху, необхідну для розміщення м'яса, розраховують за рівнянням (2.5).

$$L_n = \frac{G}{g_l}, \quad (2.5)$$

де L_n – довжина підвісних шляхів, м;
 g_l – норма навантаження, віднесена до 1 м підвісного шляху, кг/м (280 кг/м).

Залежно від площі камери і з урахуванням сітки колон холодильника знаходять довжину та ширину камери, де розміщуються підвісні шляхи.

Приведений коефіцієнт тепловіддачі за двофазного заморожування м'яса можна знайти з формули Планка

$$\alpha_{np} = \frac{q_3 \rho \delta P}{\tau(t_{кр} - t_c)} - \frac{R}{P} \cdot \frac{\lambda_{3..м}}{\delta}, \quad (2.6)$$

де q_3 – кількість тепла, яка відводиться від 1 кг м'яса за його заморожування від початкової ($t_{поч} = 4^\circ\text{C}$) до кінцевої ($t_{кін} = -18...20^\circ\text{C}$) температури, Дж/кг;
 τ – тривалість процесу заморожування;
 $t_{кр}$ – кріоскопічна температура (температура початку замерзання соків у м'ясі), $^\circ\text{C}$;
 $\lambda_{3..м}$ – коефіцієнт теплопровідності замороженого м'яса, Вт/(м·К);
 R і P – коефіцієнти, які залежать від форми та співвідношення розмірів м'яса, яке заморожується (для напівтуші м'яса $R=0,0967$, $P=0,3571$).

Тривалість завантаження й вивантаження камер заморожування м'яса така ж, як і тривалість завантаження й вивантаження камер охолодження м'яса.

Для камер однофазного заморожування м'яса необхідний коефіцієнт тепловіддачі, який можна знайти з формули, запропонованої професором І.Г. Чумаком, для визначення тривалості однофазного заморожування м'яса

$$\tau = 0,091 \frac{\delta \rho}{\alpha_{np}} \left[c_0 \left(\frac{t_{noch} - t_c}{t_{kp} - t_c} \right)^{1,5} + \frac{c_{\omega}^2}{c_{з.м}} \left(\frac{t_{kp} - t_c}{t_{кін} - t_c} \right)^{1,02} \right], \quad (2.7)$$

де c_{ω} – повна теплоємність м'яса під час заморожування, Дж/кг;
 $c_{з.м}$ – питома теплоємність замороженого м'яса, Дж/(кг·К);
 $t_{noch} = -37...-39^{\circ}\text{C}$;
 $t_{кін} = -18...-20^{\circ}\text{C}$.

Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією, що залежить від швидкості руху повітря в зоні стегна, дорівнює

$$\frac{\alpha_k \delta}{\lambda_B} = 0,33 \left(\frac{\omega_{xm} \delta}{\nu} \right)^{0,58}. \quad (2.8)$$

Звідки

$$\omega_{xm} = 6,73 \frac{\alpha_k^{1,72} \delta^{0,72} \nu}{\lambda_B^{1,42}}. \quad (2.9)$$

Швидкість руху повітря в зоні стегнової частини напівтуші знаходять з рівняння подібності для теплообміну при вимушеному русі повітря. Для стегнової частини напівтуші рівняння подібності записують у вигляді

$$\alpha_k = \varepsilon_{np} - \alpha_n - \alpha_s. \quad (2.10)$$

Початкову швидкість повітря, що виходить із сопел різної форми, знаходять за рівнянням (2.11).

Для плоских сопел, наприклад,

$$\left(\frac{\omega_x}{\omega_0} \right) = \frac{1,2}{\sqrt{\frac{a_T x}{b_0} + 0,41}}, \quad (2.11)$$

Сумарну кількість повітря, що подається в камеру, визначають за формулою (2.12), а сумарну площу всіх щілин (сопел) – за рівнянням (2.13).

$$V_0 = \omega_0 F_{щ}, \quad (2.12)$$

де $F_{щ}$ – сумарна площа всіх щілин (сопел).

$$F_{щ} = n f_{щ}, \quad (2.13)$$

де $f_{щ}$ – площа однієї щілини (сопла), м².

Масу повітря, яке подається, розраховують за формулою

$$G_n = V_0 \rho_n, \quad (2.14)$$

де ρ_n – густина повітря, яке подається в камеру, кг/м³.

Теплове навантаження на холодильне обладнання камери заморожування визначають за рівнянням (2.15).

$$Q_0 = Q_1 = Q_2 = Q_4, \quad (2.15)$$

де Q_0 – теплове навантаження на холодильне обладнання, Вт;
 Q_2 – теплоприплив від охолоджуваного м'яса, Вт;
 Q_4 – експлуатаційний теплоприплив від роботи електродвигунів вентиляторів, який орієнтовно можна прийняти (0,1...0,2) Q_0 , Вт.

Теплопередавальну площу поверхні повітроохолоджувача знаходять за формулою (2.16).

$$F_{no} = \frac{Q_0}{k_0 \Delta t_m}, \quad (2.16)$$

де F_{no} – площа поверхні повітроохолоджувача, м²;
 k_0 – коефіцієнт теплопередачі повітроохолоджувачів, Вт/(м²·К);
 Δt_m – середньологарифмічна різниця температур повітря та кипіння холодильного агента, °С.

Після визначення теплопередавальної площі поверхні повітроохолоджувача проводиться їхній підбір (за теплопередавальною площею поверхні та продуктивністю вентиляторів). Якщо промислові зразки не підходять, то необхідно скомпонувати нестандартний повітроохолоджувач.

Аеродинамічний опір у циркуляційному кільці камер заморожування складається з падіння тиску на подолання місцевих опорів (повітроохолоджувач, сопла, дифузор) і втрати тиску на тертя в каналах і повітроводах.

Потужність електродвигунів розраховують за рівнянням (2.17).

$$Ne = \frac{V_e \Delta P}{\eta}, \quad (2.17)$$

де Ne – потужність електродвигунів, кВт;
 ΔP – аеродинамічний опір під час руху повітря в циркуляційному кільці, Па;
 η – КПД вентилятора.

2.2. Повітряні морозильні апарати

Повітряні морозильні апарати дістали поширення для заморожування різноманітних продуктів рослинного та тваринного походження. Заморожування продуктів у повітрі дозволяє зберегти їх високі поживні та смакові властивості, а також гарний товарний вигляд.

Повітряні морозильні апарати складаються з вантажного відсіку й відсіку повітроохолоджувачів. Звичайно у вантажному відсіку повітряних морозильних апаратів застосовують тунельну систему розподілу повітря. Морозильні апарати тунельного типу (рис. 2.6) конструктивно не дуже відрізняються від низькотемпературних камер.

У вантажному відсіку знаходиться продукт, що заморожується, який переміщується різними транспортними засобами, а у відсіку повітроохолоджувачів розміщують секції, призначені для охолодження повітря, піддон, що обігрівається, для збору талої води, яка утворюється під час відтавання, а також вентиляторна установка.



Рисунок 2.6 – Загальний вигляд морозильного апарата тунельного типу

Як транспортні засоби для безупинного чи для періодичного переміщення продуктів, що заморожуються, у вантажному відсіку застосовують транспортери, конвеєри, гравітаційні пристрої. Транспортні засоби приводяться в рух електричним чи гідравлічним приводом із плавним чи східчастим регулюванням частоти обертання, що дозволяє змінювати продуктивність морозильних апаратів залежно від виду продукту, що надходить на заморожування.

За типом транспортних засобів і способу заморожування харчових продуктів у повітрі апарати можна класифікувати на візкові, конвеєрні, гравітаційні (що проштовхують) і флюїдизаційні. У візкових, конвеєрних і

гравітаційних повітряних морозильних апаратах продукти можна заморожувати як у дрібній розфасовці масою до 0,5 кг, так і у вигляді блоків масою до 10...12 кг. У флюїдизаційних морозильних апаратах продукти заморожуються розсипом у повітрі чи в спеціальному середовищі.

Деякі продукти (риба, м'ясо, сир) заморожують у спеціальних формах (блок-форма) чи в листах, що доцільно виготовляти з металу з високою теплопровідністю. Товщина блоків повинна бути 40...100 мм. Форми, у яких заморожують упаковані чи неупаковані продукти, можуть бути з кришками і без них.

Відсутність кришок на блок-формах є причиною підвищеної усушки продуктів під час заморожування. Крім того, у блок-формах без кришок не вдається одержати блоки правильної форми з гладкою поверхнею, що утрудняє заповнення тари, а також вимагає підвищеної кубатури охолоджуваних приміщень (камер, трюмів) для зберігання.

Відділ повітроохолоджувача знаходиться поруч із вантажним відсіком, над чи під ним. Секції повітроохолоджувачів виготовляють із гладких і оребрених труб. Під час використання оребрених труб слід урахувати вплив снігової шуби, що утвориться на їхній поверхні. Для зменшення утворення снігової шуби за безупинної роботи апарата (без зупинки на відтавання) доводиться вдаватися до різних технічних засобів. Снігова шуба на поверхні оребрених батарей зменшує холодопродуктивність повітроохолоджувача, а також приводить до зростання його аеродинамічного опору. Щоб забезпечити безупинну роботу повітряних морозильних апаратів, батареї повітроохолоджувачів зрошують незамерзаючою рідиною, що поглинає вологу, а сама деконцентрується. Вплив снігової шуби на роботу морозильного апарата можна зменшити, якщо охолоджувальні секції повітроохолоджувача виконувати із труб з перемінним кроком оребрення. У цьому випадку перші по ходу руху повітря охолоджувальні секції монтують із труб із великим кроком оребрення (20...30 мм), а наступні секції з меншим (10...15 мм). Повітроохолоджувачі деяких апаратів виконують із декількох (4...8) охолоджувальних секцій, що знаходяться в окремих відсіках чи у відсіках, розділених ізолюваними перегородками. За такого розташування будь-яку секцію за необхідності можна відключити для відтавання, а морозильний апарат буде продовжувати працювати. Послідовне відтавання секцій таких апаратів забезпечує їхню тривалу роботу. Безупинна робота апаратів досягається будовою вологофільтрів, що виконуються у вигляді охолоджувальних секцій із гладких труб. Повітря спочатку охолоджується та осушується в цій секції, а потім попадає в секції з оребрених труб.

Вологофільтри обладнуються окремими піддонами та системою дренажу поталої води.

Вентиляторна установка, що створює змушений рух повітря в апараті, складається з одного або декількох осьових чи відцентрових вентиляторів. Якщо електродвигуни вентиляторів знаходяться в охолоджуваному контурі апарата, то вони повинні бути герметичними.

2.2.1. Візкові морозильні апарати з ручним та механізованим переміщенням візків

Візкові апарати бувають із подовжнім чи поперечним рухом повітря, а також із ручним і механізованим переміщенням візків чи етажерок. Крім того, вони можуть бути періодичної й безупинної дії. **Схема будови апарата з подовжнім рухом повітря** показана на рис. 2.7а.

У вантажному відсіку знаходяться візки, на полках яких розміщені продукти, що заморожуються. Спрямований рух повітря в апараті створюється удаваною стелею, що є одночасно і піддоном повітроохолоджувача.

Будова апарата з поперечним рухом повітря показана на рис. 2.7б. Апарат складається з одного чи декількох вантажних відсіків, у яких знаходяться підвісні етажерки (чи візки) із продуктами. Повітря, що подається вентиляторами, рухається в напрямку, перпендикулярному подовжній осі тунелю. У таких апаратах секції повітроохолоджувача утворюють вантажні відсіки.

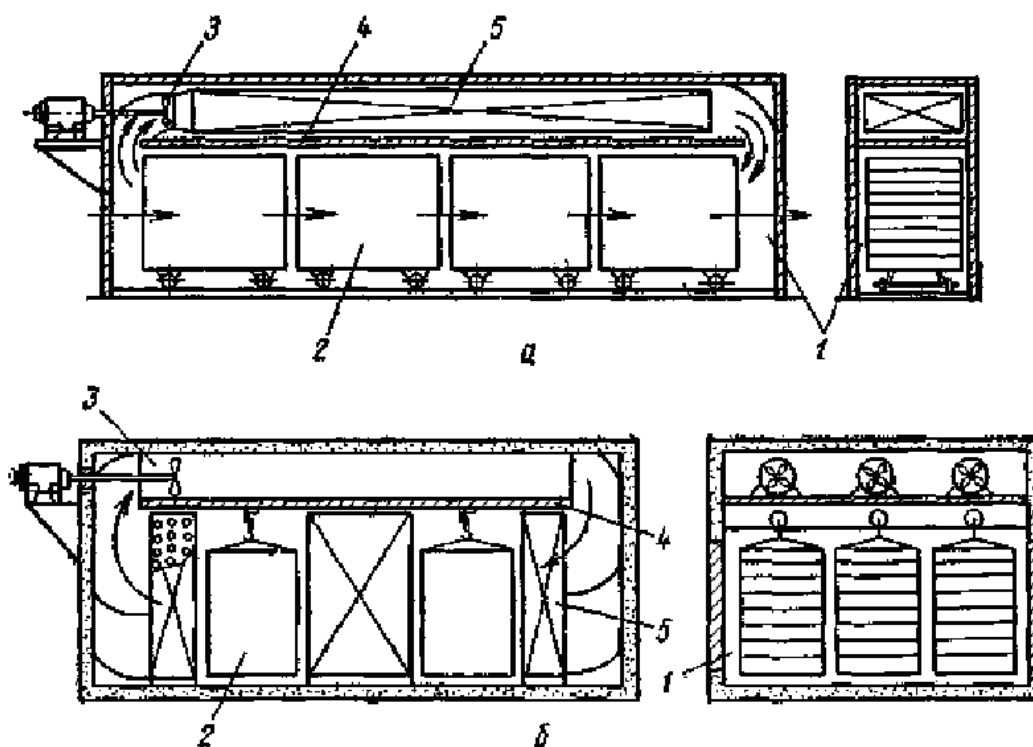


Рисунок 2.7 – Схема будови візкового морозильного апарата: а – з подовжнім рухом повітря; б – з поперечним рухом повітря: 1 – вантажний відсік; 2 – етажерки або візки; 3 – вентилятор; 4 – удавана стеля; 5 – повітроохолоджувач

У візкових апаратах швидкість руху повітря дорівнює 8...10 м/с. За однакової швидкості руху повітря в апаратах із подовжнім рухом повітря буде нагріватися більше, ніж у апаратах із поперечним рухом.

За великої довжини вантажного відсіку та малої кількості повітря, яке підводиться, нагрів його у вантажному відсіку може збільшуватися до 6...8°C, що робить заморожування продуктів в апараті нерівномірним.

Модульний візковий швидкоморозильний тунельний апарат виробництва компанії «Украгроспецхолод» (рис. 2.8) складається з декількох однакових блок-модулів (від 3-х штук). Кожний блок-модуль є автономним і може мати свої температурні режими роботи. Це дозволяє проводити трьозонне заморожування продукту:

- перша зона – охолодження продукту до температури, близької до кріоскопічної;
- друга зона – заморожування продукту;
- третя зона – доведення до заданої технологічної температури.

Зонне заморожування дозволяє в попередньо охолоджену до кріоскопічної температури продукті, оптимально швидко отримати кристали льоду мінімального розміру, щоб не порушити міжклітинний зв'язок. Це істотно впливає на якість продукту, що заморожується.

Тунелі можуть використовуватися для заморожування м'ясопродуктів, птиці, риби та морепродуктів, напівфабрикатів (пельменів, вареників, фаршированого перцю, голубців і тощо), овочів, фруктів, ягід, грибів.

Експериментальним шляхом встановлено, що час заморожування кожного одиничного продукту становить від 40 до 80 хвилин, за зниження температури в продукті від $+20...+25^{\circ}\text{C}$ на вході до $-10...-18^{\circ}\text{C}$ на виході.



а



б



в

Рисунок 2.8 – Модульний візковий швидкоморозильний тунельний апарат виробництва компанії «Украгроспецхолод»: а – загальний вигляд апарата, поруч розташовані візки; б – вид апарата зсередини, без візків, видно рейки; в – загальний вигляд візків

Блоковий принцип конструкції дозволяє постійно контролювати всі хіміко-фізичні процеси, що відбуваються на кожній стадії заморожування, тому що кожний блок оснащений своїми контрольними приладами. Також блоковий принцип дозволяє проводити технічне обслуговування або ремонт без повної зупинки обладнання, а в разі потреби нарощувати потужність установки шляхом додавання блоків до вже працюючої установки (номінальна продуктивність одного блока становить 50–60 кг/годину). Апарат із 3-х блоків забезпечує продуктивність 150 кг/годину, з 7-ма блоків до 350...400 кг/годину. Продуктивність апарата для різних продуктів може відрізнятися в межах 30...100 % від номінальної.

У процесі заморожування продукт рухається в тунелі у візках-шпильках від першого до останнього блока спеціальними напрямними рейками на мінімальній відстані між повітроохолоджувачем і зворотним повітроводом. При цьому повітряні потоки в кожному блоці не перетинаються, що дозволяє не порушувати температурні режими в зонах заморожування. Пересування візків здійснюється вручну.

Автономна робота кожного блока дозволяє гнучко регулювати потужність апарата шляхом відключення блоків, що простоюють (наприклад, наприкінці робочої зміни або за недостатньої кількості сировини) як вручну так і автоматично, збільшити ККД апарата та зменшити його енергоспоживання.

Габаритні розміри одного стандартного блок-модуля – 780×2000×2000 мм, холодоагент – R404A. Споживана електрична потужність одного блоку-модуля не більше 5 кВт.

Візкові морозильні апарати з ручним переміщенням візків марок СА (рис. 2.9) складаються з ізольованого контуру, у якому секції повітроохолоджувача утворюють вантажні відсіки.

У них рухаються візки етажерочного типу, на полках яких установлюють листи з продуктом, що заморожується. В апараті встановлений реверсивний вентилятор, що створює рух повітря.

Із секцій повітроохолоджувачів снігову шубу відтають гарячими парами аміаку.

Візкові апарати використовують для заморожування риби, субпродуктів, птиці, плодів, ягід і овочів.

Ручне переміщення візків є істотним недоліком цих апаратів. Стандартні деталі й вузли дозволяють виготовляти апарати типу СА з широким діапазоном продуктивності.

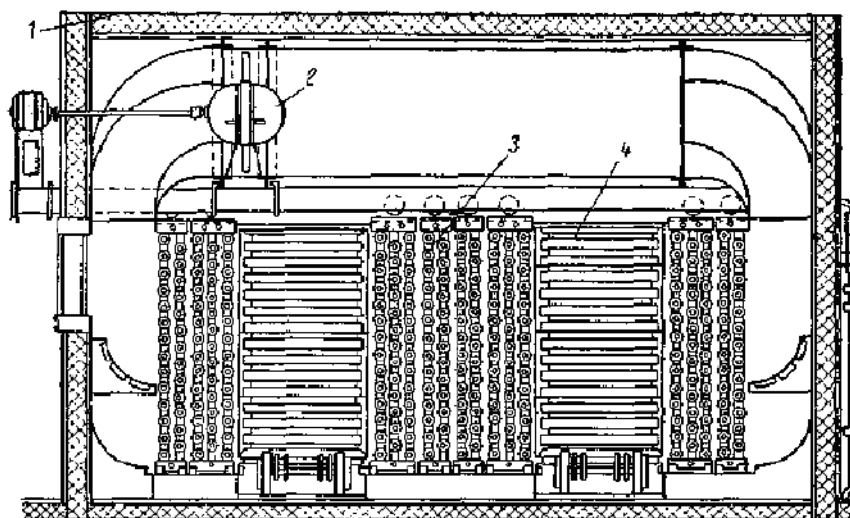


Рисунок 2.9 – Візковий морозильний апарат із ручним переміщенням візків марки СА: 1 – ізолюваний контур; 2 – реверсивний вентилятор; 3 – охолоджувальні секції повітроохолоджувача; 4 – візки з продуктом

Технічна характеристика візкових морозильних апаратів із ручним переміщенням візків приведена в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики візкових морозильних апаратів

Показники	Апарати				
	СА-1	СА-2	СА-3	СА-4	СА-5
Продуктивність, т на добу	10	20	3,3	6,6	13,3
Товщина продукту, мм	50...70	50...70	50...70	50...70	50...70
Ємність, кг	1680	3360	560	1120	2240
Кількість, шт.					
візків	6	12	2	4	8
листів	156	312	52	104	208
Площа поверхні охолоджувальних батарей, м ²	654	1242	190	380	811
Температура повітря в апараті, °С	-30	-30	-30	-30	-30
Швидкість руху повітря, м/с	5...6	5...6	5...6	5...6	5...6
Кількість електродвигунів до вентиляторів, шт.	3	6	1	2	4
Потужність електродвигунів, кВт	8,4	16,8	2,8	5,6	11,2
Споживана потужність електродвигуна за -30°С, кВт	4,8	9,6	1,6	3,2	6,4
Тривалість заморожування, годин	3,5...4,0	3,5...4,0	3,5...4,0	3,5...4,0	3,5...4,0

Габаритні розміри, мм					
довжина	4170	4170	4170	4170	4170
ширина	3770	7150	1520	2640	4900
висота	3000	3000	3000	3000	3000
Маса, кг	6120	11980	3000	4500	8120

Візковий апарат для заморожування блоків м'яса з механізованим переміщенням візків (рис. 2.10) являє собою ізольований контур, у якому охолоджувальні секції утворюють два тунелі. У них розміщаються вісім візків. У верхній частині апарата встановлюють чотири реверсивних вентилятори, що створюють посилений рух повітря.

Візки пересуваються рейками за допомогою пристрою (короткого конвеєра), що складається з двох рівнобіжних ланцюгів, зв'язаних між собою штангою. Під час включення конвеєра штанга захоплює візок і просуває на відстань, рівну її довжині. Потім у апарат уводиться наступний візок, що після повторного включення конвеєра проштовхує перший. Таким чином, у кожен тунель завантажують чотири візки.

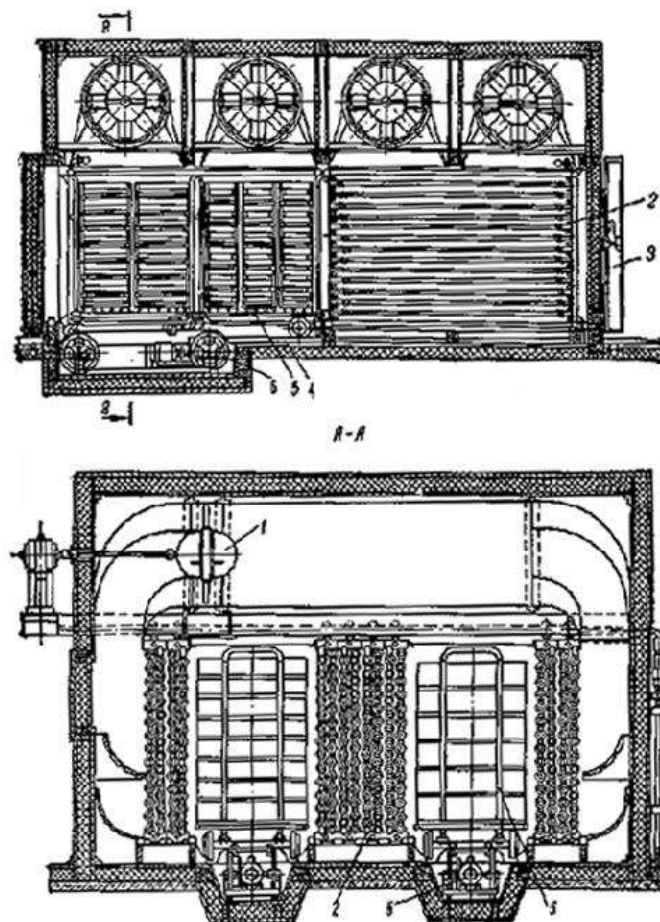


Рисунок 2.10 – Візковий морозильний апарат із механізованим переміщенням візків: 1 – вентиляторна установка; 2 – охолоджувальні секції; 3 – ізольовані двері; 4 – рейковий шлях; 5 – пристрій для переміщення візків

Охолоджувальні секції виконані з оребрених труб діаметром $32 \times 2,25$ мм із крученими ребрами висотою 30 мм і кроком навивки ребер 20 і 13,3 мм. Після видалення рідини з охолоджувальних секцій у дренажний ресивер снігову шубу відтають гарячими парами аміаку. Піддони, установлені під секціями і оснащені електронагрівниками, призначені для збирання поталої води.

Переваги: простота конструкції.

Недоліки: підвищена металоємність і необхідність застосування ручної праці.

Візкові апарати для заморожування блокових продуктів із механізованим переміщенням етажерок (рис. 2.11) складаються з ізолюваного контуру, де охолоджувальними секціями утворено два вантажних відсіки. Монорельсовими шляхами рухаються підвісні етажерочні клітки, на полках яких установлені листи з рибою.

У верхній частині апарата розміщені основні повітроохолоджувачі та шість осьових вентиляторів, електродвигуни яких винесені за охолоджуваній контур. Охолоджувальні секції повітроохолоджувачів виконані з гладких труб. Постачання до секцій рідкого аміаку здійснюють за безнасосною схемою з подачею холодильного агента спочатку у верхні секції повітроохолоджувача, а потім переливними трубами агент зливається в додаткові повітроохолоджувачі.

Для рівномірного розподілу повітря по висоті вантажного відсіку встановлені напрямні апарати.

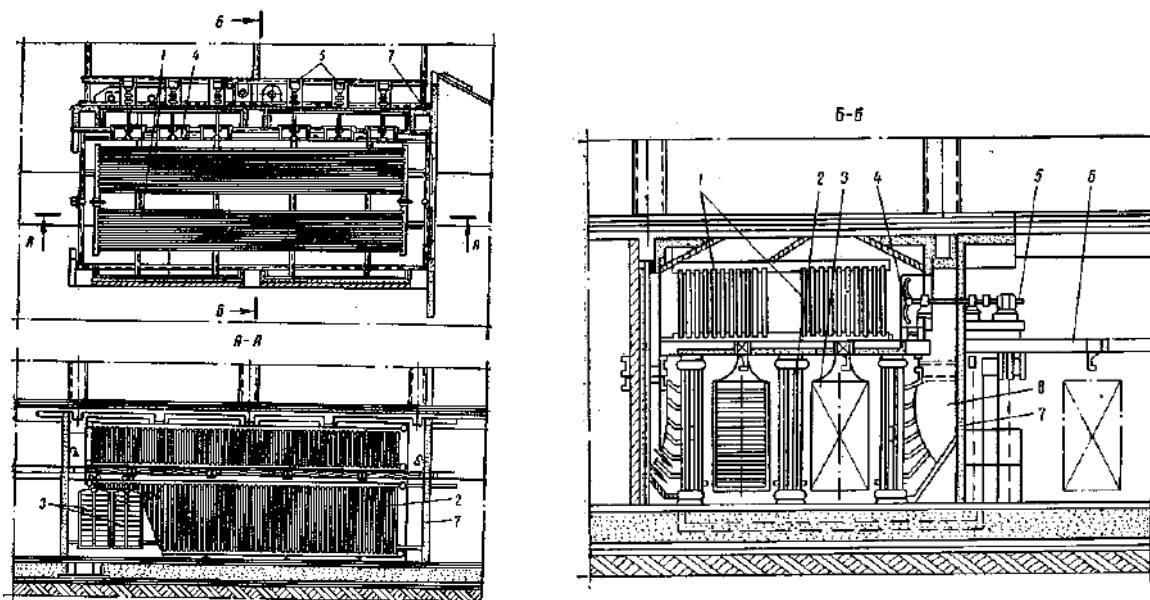


Рисунок 2.11 – Візковий морозильний апарат із механізованим переміщенням етажерок: 1 – охолоджувальні секції основних повітроохолоджувачів; 2 – охолоджувальні секції додаткових повітроохолоджувачів; 3 – підвісні етажерочні клітки; 4 – осьові вентилятори; 5 – електродвигуни; 6 – монорельсові шляхи; 7 – ізолюваний контур; 8 – напрямні апарати

Пересувні візкові апарати (рис. 2.12) звичайно розміщують у ізольованому залізничному вагоні, у якому біля бокових стін розташовано два вантажних відсіки. Рейковим підвісним шляхом рухаються етажерки, на полках яких установлені листи з продуктом. У нижній частині апарата розміщені секції повітроохолоджувачів і вентилятори.

Переваги: компактність і універсальність апарата.

Недоліки: підвищена металоємність і нерівномірність заморожування.

Технічна характеристика візкових морозильних апаратів із механізованим переміщенням візків чи етажерок приведена в табл. 2.3.

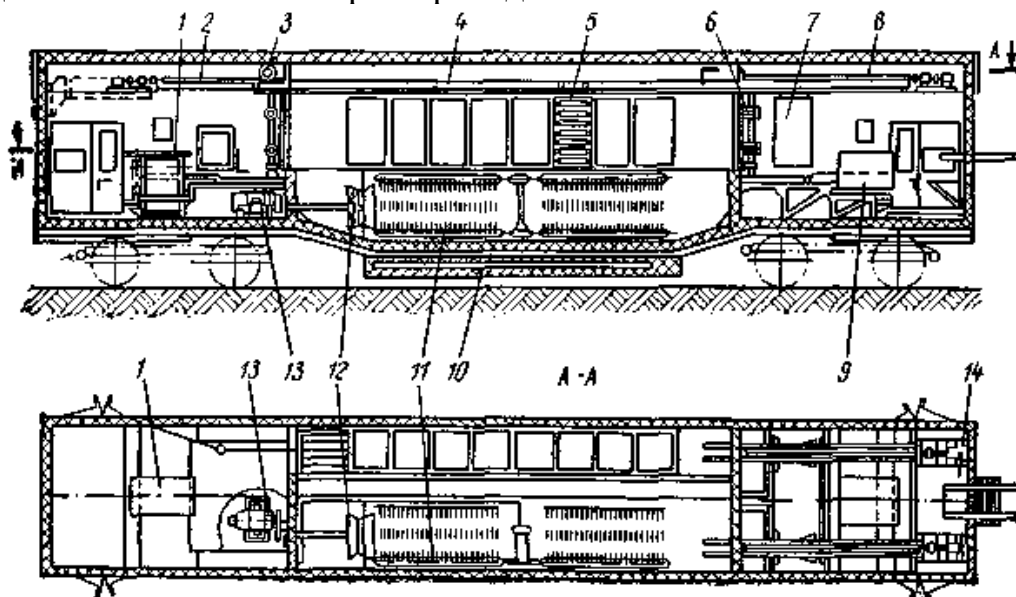


Рисунок 2.12 – Пересувний морозильний апарат із механізованим переміщенням візків: 1 – стіл для укладання продуктів; 2 – штовхач; 3 – привід ланцюгового конвеєра; 4 – рейковий підвісний шлях; 5 – етажерка; 6 – двері вантажного відсіку; 7 – пересувний візок; 8 – витягувальний механізм; 9 – глазурувальний апарат; 10 – аміачний ресивер; 11 – повітроохолоджувач; 12 – вентилятор; 13 – електродвигун вентилятора; 14 – стіл для упакування блоків

Таблиця 2.3 – Технічна характеристика візкових морозильних апаратів із механізованим переміщенням візків чи етажерок

Показники	Апарати		
	із механічним переміщенням візків для заморожування м'яса	із механічним переміщенням етажерок для заморожування блочних продуктів	пересувні
1	2	3	4
Продуктивність, кг/год т на добу	625 -	- 25	- 16
Ємність, кг	2400	2400	3200

Продовження табл. 2.3

1	2	3	4
Кількість, шт. візків листів	8 208	12 -	16 192
Площа поверхні охолоджувальних батареї, м ²	880	548	640
Температура повітря в апараті, °С	-32	-32	-22
Швидкість руху повітря, м/с	5	6	8
Тривалість заморожування, годин	3,2...4	3...4	5...6
Кількість електродвигунів для вентиляторів, шт.	4	6	2
Потужність електродвигунів, кВт	16	16,8	28
Габаритні розміри, мм довжина ширина висота	4790 5920 3000	9500 4750 3390	8920 865 1600
Маса, кг	9000	26000	7800

2.2.2. Конвеєрні морозильні апарати

Повітряні апарати з безперервним конвеєром різного типу (стрічковий горизонтальний, спіральний, ланцюговий) найбільш поширені, тому що дозволяють заморожувати продукти різної форми, в упакованні й без нього, безупинно та в автоматичному режимі.

Залежно від способу кріплення блок-форми до конвеєра, розміру продукту, що заморожується, і виду конвеєра морозильні апарати поділяють на апарати з ланцюговим конвеєром для заморожування блокових продуктів із рівнобіжною і діагональною підвіскою блок-форм, а також зачепленням блок-форм із ланцюгом конвеєра; апарати зі спіральним конвеєром для заморожування блоків і дрібноштучних продуктів будь-якої форми (напівфабрикати та готові блюда); апарати зі стрічковим горизонтальним конвеєром; для заморожування розфасованих продуктів.

Апарати з ланцюговим конвеєром. Для заморожування продуктів застосовують ланцюгові конвеєри, що для скорочення довжини апарата виконують зигзагоподібними. Схема будови апарата з таким конвеєром показана на рис. 2.13.

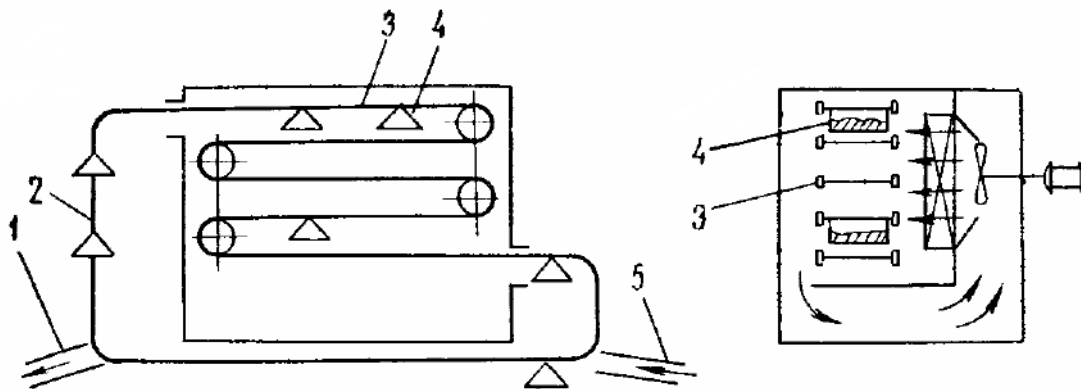


Рисунок 2.13 – Схема морозильного апарата із зигзагоподібним конвеєром: 1 – вузол розвантажування; 2 – ланцюг; 3 – зигзагоподібний конвеєр; 4 – форма з продуктом; 5 – вузол завантажування

У форми, шарнірно підвішені до конвеєра, укладають продукти, що заморожуються. За багаторазової зміни напрямку руху ланцюга форма залишається весь час у горизонтальному положенні.

Зворотна ланка ланцюга подає вільні форми до місця їхнього завантаження новою порцією продуктів. У таких апаратах часто застосовують поперечний рух повітря.

В автоматизованих суднових морозильних апаратах типу АСМА також застосована рівнобіжна підвіска блок-форм. Відмінною рисою цих апаратів є заморожування продуктів у закритих блок-формах із кришками, що знижує усушку риби, що заморожуються. Блок-форми цього апарата є невід'ємною частиною конвеєра.

До складу апарата типу АСМА (рис. 2.14) входять вантажний конвеєр і секції повітроохолоджувача з вентилятором.

Вантажний конвеєр складається з двох рівнобіжних конвеєрних ланцюгів, напрямок руху яких змінюються за допомогою зірочок. Конвеєр утворює 16 горизонтальних ланок. З ізольованого контуру в тепле приміщення через прорізи в передній торцевій стінці апарата виходять верхня й нижня ланки конвеєра. Вони відгороджені зверху і знизу листами. Це запобігає виходу холодного повітря з ізольованого контуру в приміщення. У цьому ж приміщенні блок-форми апарата завантажують і розвантажують.

За допомогою пальців ланцюги конвеєра шарнірно з'єднані з блок-формами. Кожна з них має чотири ролики, на яких переміщається по напрямних. Блок-форми із одного ярусу на інший переміщуються зверху вниз. Перехід із верхніх напрямних на нижні відбувається гравітаційним способом.

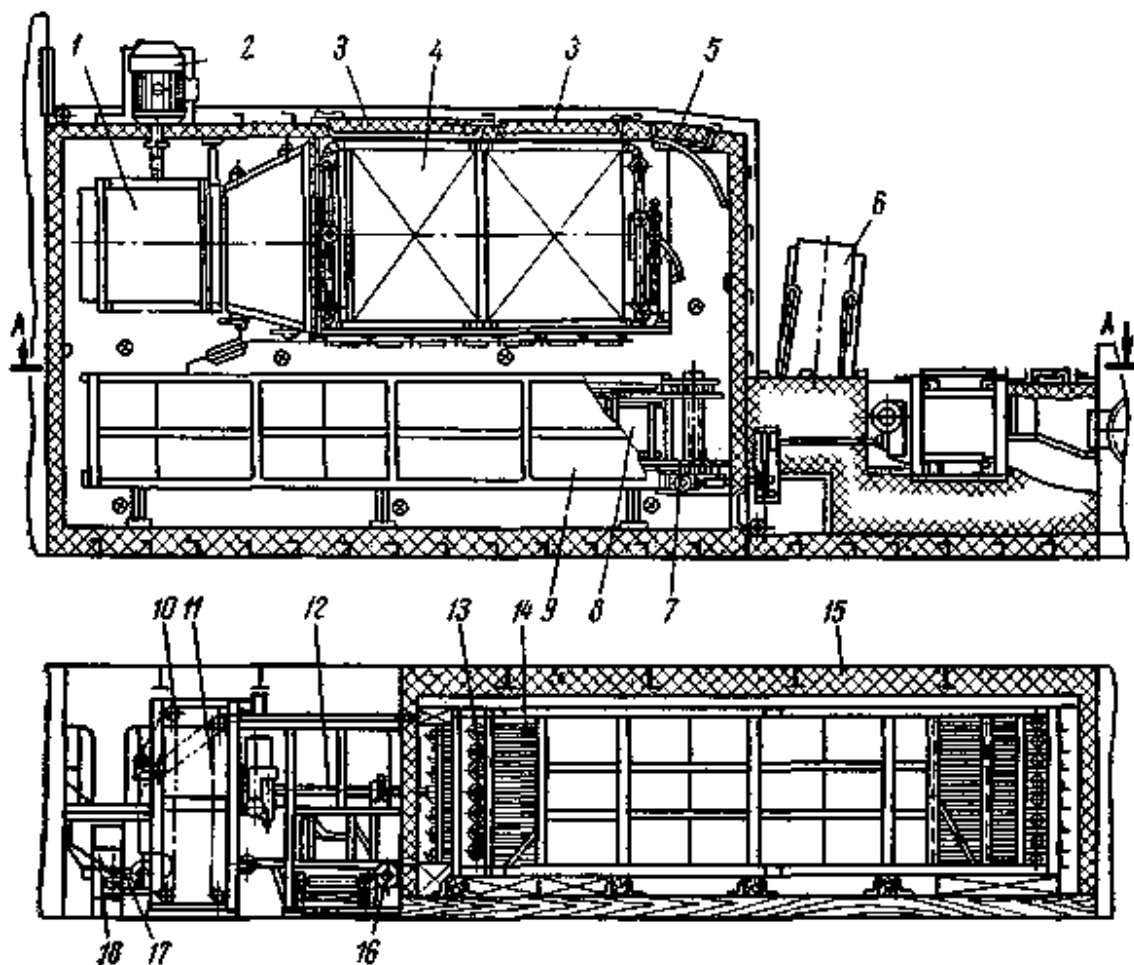


Рисунок 2.14 – Автоматизований судовий морозильний апарат типу АСМА:
 1 – вентилятор; 2 – електродвигун вентилятора; 3 – ізолювані двері;
 4 – повітроохолоджувач; 5 – двері; 6 – розвантажувальний конвеєр; 7 – перекидач;
 8 – блок-форма; 9 – вантажний конвеєр; 10 – елеватор; 11 – конвеєрні ланцюги;
 12 – привід конвеєра; 13 – зірочки; 14 – напрямні; 15 – ізолюваний контур;
 16 – електродвигун конвеєра; 17 – транспортер-живильник; 18 – бункер

Привід конвеєра здійснюється від електродвигуна через двоступінчастий черв'ячний редуктор і ланцюгову передачу.

Між конвеєром і бортом судна залишений прохід для обслуговування конвеєра та спостереження за його роботою, а також прохід між конвеєром і повітроохолоджувачем – для обслуговування останнього.

Повітроохолоджувач виконаний двох'ярусним. Його труби розташовані горизонтально, а секції виготовлені з труб із насадними прямокутними ребрами й перемінним кроком оребрення. Із торцевої сторони повітроохолоджувача знаходяться розподільні стовпчики для верхнього й нижнього ярусів батарей. Подавання рідини ярусами роздільне. Регулювання подавання рідини в батареї повітроохолоджувача здійснюється за допомогою терморегулювальних вентилів. Пара холодильного агента з повітроохолоджувача виводиться з боків. Це дозволяє виключити виникнення рідинних пробок у батареях під час бортової та кільової хитавиці судна.

Рух повітря створюється відцентровим вентилятором із двостороннім усмоктуванням. Електродвигун вентилятора винесений за охолоджуваній контур апарата.

Із мийної машини риба надходить на бункерні ваги, а потім у завантажувальний бункер, з якого висипається в блок-форми вантажного конвеєра. Заповнені блок-форми надходять у вантажний відсік. Швидкість руху конвеєра можна регулювати в межах, що відповідають часу перебування блок-форми у вантажному відсіку.

Виходячи з апарата, блок-форми, шарнірно зв'язані з ланцюгами конвеєра тільки однією стороною, перевертаються за допомогою спеціального пристрою. Перевернена блок-форма підводиться під нагрівач для відтавання, після чого відтягається кришка, і підталий блок випадає на розвантажувальний транспортер. Зняті кришки переносять вручну до місця завантаження блок-форм, що знову перевертаються і повертаються до місця завантаження.

Переваги: механізація, що зменшує трудові витрати на одиницю продукції.

Недоліки: нестандартні розміри й недостатня твердість блок-форм.

У модернізованому варіанті апарата типу АСМА здійснений рух тягових ланцюгів конвеєра і привода глазуровочного пристрою за допомогою гідравлічного приводу через двоступінчастий циліндричний редуктор; розміщені вузли завантаження й розвантаження з різних сторін апарата; удосконалена конструкція пристрою для примусового переходу блок-форм із одного ярусу конвеєра на іншій; поліпшено розподіл повітряного потоку; передбачена спеціальна камера між конвеєром і бортом судна для заморожування великої риби; ущільнені (морозостійкою гумою) місця для входу і виходу блок-форм у ізолюваний контур; автоматизоване зняття кришок із блок-форм; застосоване відтавання кришок блок-форм за допомогою кварцових ламп.

У швидкоморозильному апараті АМА вертикальне переміщення блок-форм проводиться ланцюговими конвеєрами (ліфтами), а горизонтальне – штанговими штовхальниками. Апарат призначений для заморожування продуктів блоками масою 10...12 кг на листах.

Каркас ізолюваного контуру апарата АМА (рис. 2.15) зроблений із профільної сталі. Панелі ізолюваного контуру кріпляться до каркаса.

Апарат АМА розділений двома сталевими подовжніми перегородками на три відсіки: у середньому знаходиться повітроохолоджувач і вентиляторна установка, а в бічних – вантажні конвеєри.

Повітроохолоджувач виконаний із оребрених труб. Відтавання його секцій проводиться гарячими парами аміаку. Повітря, що нагнітається вентиляторами, проходячи через повітроохолоджувачі, охолоджується до мінус 30°C, а потім надходить у вантажний відсік, де нагрівається на 6...7°C.

Переміщення листів у вантажному відсіку здійснюється за допомогою двох ліфтів, що складаються з двох замкнутих пластинчастих ланцюгів, внутрішні ланки яких приводяться в рух насадженими на вали зірочками. До пари ланцюгів

прикріплені горизонтальні косинці, на які спираються закраїни листів, і таким чином листи переміщаються ліфтами у висячому положенні. До ланцюгів кріпляться 16 несучих косинців, на яких розміщається по п'ять листів. Для проходження повітря відстань між листами складає 60 мм.

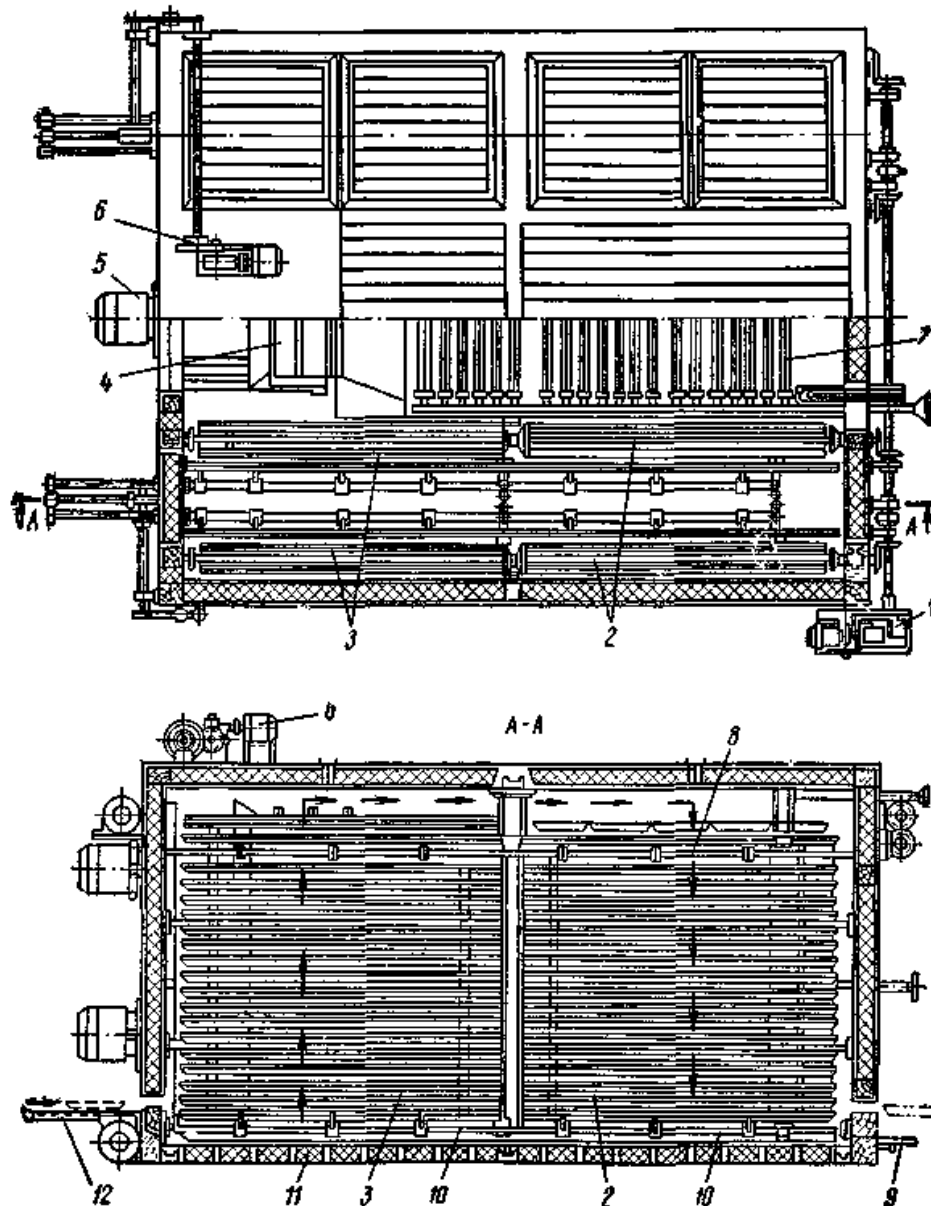


Рисунок 2.15 – Швидкокоморозильний апарат АМА: 1 – привід ліфтів; 2 – ліфт, що опускає; 3 – ліфт піднімальний; 4 – вентиляторна установка; 5 – електродвигун вентилятора; 6 – привід штангових штовхачів; 7 – секція повітроохолоджувача; 8 – штанговий штовхач верхній; 9 – розвантажувальне вікно; 10 – штанговий штовхач нижній; 11 – ізолюваний контур; 12 – завантажувальне вікно

Горизонтальне переміщення листів під час завантаження й вивантаження апарата, а також під час передачі їх із піднімального на ліфт, що опускає, здійснюється штанговим штовхальником, що складаються з горизонтальних штанг трубчастого перетину із закріпленими на них лапами. За допомогою лап штовхальники зіштовхуються з листами.

Стрічковим транспортером рибу подають у завантажувальний бункер, а потім на листи, що рухаються напрямними. Дозують і розрівнюють рибу на

листах вручну. Надходження листів із рибою в апарат здійснюється циклічно. Під час подавання листа до завантажувального вікна штовхальник уводить його в апарат. При завантаженні апарата листами лічильник імпульсів включає привід ліфтів, що переміщують листи на висоту 120 мм.

Щоб запобігти витoku повітря, бічні проміжки між косинцями закриті укріпленими на пластинах ланцюгів ширмами. Крім цього, у верхній і нижній частинах вантажного відсіку, не зайнятих листами, на деякій відстані один від одного встановлені поперечні захисні аркуші.

Переваги: імпульсне переміщення продукту, що заморожується, ліфтами і штовхальниками всіма зонами вантажного відсіку усуває нерівномірність заморожування, що має місце в апаратах інших конструкцій. Усі електродвигуни встановлені поза охолоджуваним контуром, що спрощує обслуговування апарата.

Недоліки: розміри листів, на яких проводиться заморожування продуктів, не відповідають розмірам стандартної пакувальної тари. Листи не мають кришок, а блоки заморожуються без їхнього підпресування. Транспортування листів за допомогою ліфтів і штовхальників вимагає фіксації їх на несучих косинцях ліфтів. Для запобігання заклинюванню листів їх треба калібрувати. Оскільки під час експлуатації відбуваються деформація та зношення листів, їх слід періодично замінювати.

До складу морозильного апарата **ЛВН** (рис. 2.16) входять повітроохолоджувачі, осьові вентилятори, вантажний конвеєр, що несе литі алюмінієві блок-форми, вузол завантаження й вивантаження та основний привід.

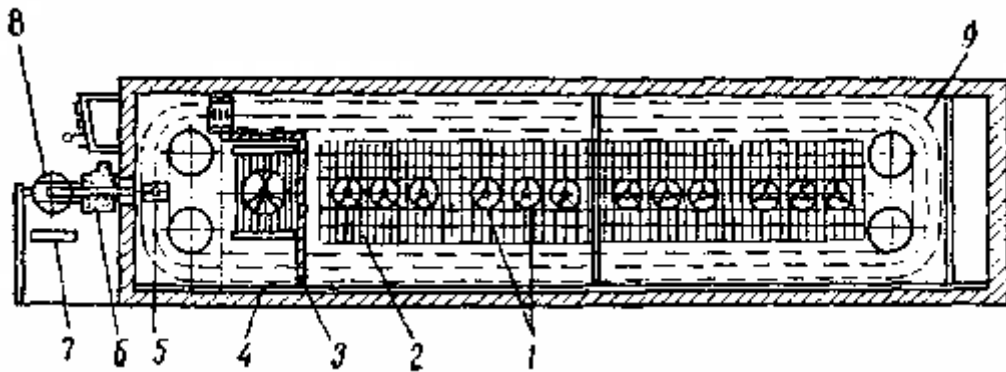


Рисунок 2.16 – Конвеєрний морозильний апарат ЛВН: 1 – осьові вентилятори; 2 – оребрена секція повітроохолоджувача; 3 – лабіринтне ущільнення; 4 – піддон для обігріву; 5 – блок-форма; 6 – паровий ящик; 7 – розвантажувальний конвеєр; 8 – вузол завантаження та вивантаження; 9 – ланцюг вантажного конвеєра

Повітроохолоджувач складається з чотирьох секцій: у першій секції (у камері відділення вологи) установлені гладкі труби та два вентилятори, а в інших – оребрені труби та три вентилятори.

Відсік, де розміщена перша секція повітроохолоджувача, призначений для осушення блок-форм до їхнього попадання у вантажний відсік, що відділений від інших відсіків апарата металевою перегородкою з лабіринтовим ущільненням з морозостійкої гуми.

Вентилятори першої та четвертої секцій розташовані з однієї сторони вантажного конвеєра, а вентилятори другої і третьої секцій – із протилежної, внаслідок чого забезпечується зміна напрямку обдування блок-форм повітрям.

Пересування вантажного конвеєра здійснюється гідравлічним приводом, у систему якого шестерними насосами подають мастило.

Поза ізольованим контуром знаходиться пристрій для завантаження і вивантаження блок-форм рибою.

Блок-форми не зв'язані жорстко з ланцюгами вантажного конвеєра, а вставлені в спеціальні кріплення, що просувають їх напрямними. У процесі заморожування риби блок-форми весь час знаходяться в площині, перпендикулярній напрямку руху вантажного конвеєра.

Риба, призначена для заморожування, транспортером подається до вагового бункера. Якщо порція риби має необхідну масу, то транспортер автоматично зупиняється. Точне дозування порцій проводиться вручну. Із бункера зважена порція риби висипається в блок-форму і вручну розрівнюється. Блок-форма автоматично закривається кришкою з поворотними пружинами, що дозволяють блоку розширюватися під час його заморожування. Потім блок-форма приймає вертикальне положення і вводиться в зачеплення з ланцюгами конвеєра.

Спочатку блок-форми попадають у камеру відділення вологи. Волога, що залишається на блок-формі після їхнього ополіскування водою, стікає в піддон камери відділення вологи. Оскільки піддон обігрівается, вода не замерзає. У камері відділення вологи блоки-форми обдуваються холодним повітрям. Частина води, що випаровується з поверхні блок-форми, у вигляді снігової шуби осідає на поверхню гладкотрубної секції повітроохолоджувача. Гаряче відтавання гладкотрубної секції дозволяє видалити снігову шубу.

Після заморожування риби блок-форма попадає у вузол завантаження й вивантаження, автоматично виводиться із зачеплення з ланцюгами вантажного конвеєра, перевертається й передається в парову шухляду. Після відтавання й автоматичного зняття кришок блок випадає з блок-форми на розвантажувальний конвеєр і видаляється з апарата.

Апарат виконаний так, що його повітроохолоджувачі можуть охолоджуватися як аміаком, так і фреоном. У тому випадку, якщо холодильним агентом є аміак, то апарат працює за насосно-циркуляційною схемою, а якщо фреон – за безнасосною.

Технічна характеристика конвеєрних морозильних апаратів з ланцюговим конвеєром приведена в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Технічна характеристика конвеєрних морозильних апаратів з ланцюговим конвеєром

Показники	Значення		
	Апарат із паралельною підвіскою блок-форм		Апарат із діагональною підвіскою блок-форм
	типу АСМА	АМА	ЛВН
Продуктивність, т на добу	25	25	22,5
Ємність, кг	2100	1600	1980
Кількість, шт. блок-форм листів	180 -	- 160	198 -
Площа поверхні повітроохолоджувача, м ²	1950	1460	1900
Температура повітря в апараті, °С	-37	-30	-35
Швидкість руху повітря, м/с	5...6	7	7
Кількість електродвигунів для вентиляторів, шт.	1	2	11
Продуктивність вентиляторів, м ³ /с	12,5	8,3	24
Потужність електродвигунів вентиляторів, кВт	30	20	35
Тривалість заморожування, годин	2,5...3	3...3,5	3,8
Габаритні розміри, мм			
довжина	8900	6100	13100
ширина	5150	4800	4000
висота	2800	3200	2600
Маса, кг	25000	26000	16500

Апарати зі спіральним конвеєром. Особливістю морозильних апаратів зі спіральним конвеєром (рис. 2.17) є те, що для зменшення габаритних розмірів апарата конвеєр у вантажному відсіку апарата виконується не у вигляді прямолінійних ділянок, а має складну просторову конфігурацію, що дозволяє найбільш повно використовувати виробничі площі. У разі використання таких конвеєрів не потрібно спеціальних пристроїв, що передають продукт чи блок-форми з одного ярусу на інший.

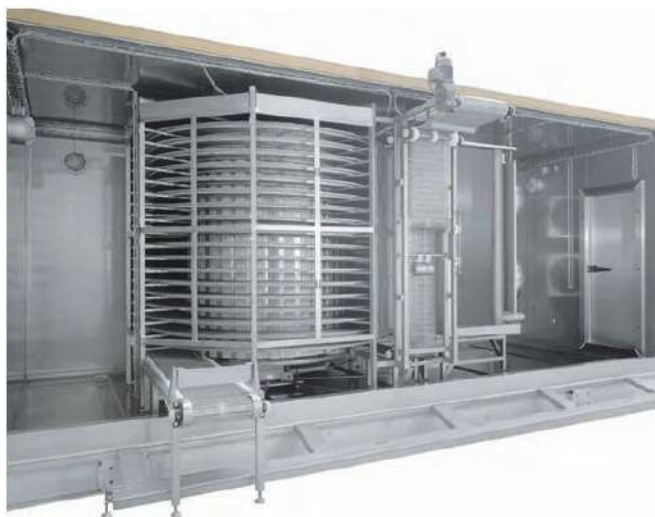


Рисунок 2.17 – Загальний вигляд спірального морозильного апарата

Процес заморожування в спіральному морозильному апараті здійснюється в такий спосіб: продукція в один шар укладається на конвеєр апарата, який доставляє продукт усередину теплоізолюваної камери. Заморожування продуктів відбувається в теплоізолюваній камері на сітчастій транспортерній стрічці транспортної системи апарата (рис. 2.18) у потоці холодного повітря за швидкості повітряного потоку до 3 м/сек. У процесі заморожування продукт рухається за всіма рівнями конвеєра, на виході з камери отримуємо готовий заморожений продукт. Рух стрічки та поступове її закручування в спіраль відбувається плавно без ривків, із постійною швидкістю, що гарантує збереженість продукту під час його проходження через апарат. Довжина спірального конвеєра, швидкість руху та потужність холодильного агрегату залежать від виду продукту та необхідної продуктивності.



Рисунок 2.18 – Заморожування продукту в спіральному морозильному апараті

До складу спірального морозильного апарата входять:

- теплоізована камера, виконана з пінополіуретанових «сендвич-панелей» ППУ із замковим з'єднанням, клапаном вирівнювання тиску та електричним обігрівом дверної коробки;
- спіральний багатоярусний конвеєр: рама з нержавіючої сталі, модульна поворотна стрічка, система регулювання швидкості руху конвеєрної стрічки;
- низькотемпературна холодильна установка з повітряним конденсатором, повітроохолоджувач із напрямними повітряного потоку;
- багатофункціональний щит керування.

Спіральні морозильні апарати працюють в автоматичному режимі, включаючи спіральний транспортер і холодильну установку, що забезпечує підтримання необхідних температурних режимів і заданої швидкості руху транспортера. Присутність людини потрібна тільки для укладання продукції на конвеєр на вході в апарат і для зняття готової замороженої продукції на виході.

Апарати зі спіральним конвеєром ефективні, універсальні та застосовують для заморожування продуктів у блоках і дрібноштучних продуктів будь-якої форми.

Апарат зі стрічковим спіральним конвеєром (рис. 2.19). Сітчаста стрічка із продуктом рухається за напрямними, підіймається по спіралі уздовж обертового барабана, що приводить її в дію за рахунок сили тертя.

У верхній частині апарата стрічка виходить за межі охолоджуваного контуру для вивантаження замороженого продукту та знову вертається до завантажувальної сторони, пройшовши попередньо санітарну обробку. Повітря в апараті рухається зверху донизу через усі яруси сітчастої стрічки конвеєра, поступово нагріваючись і насичуючись вологою, тому втрата маси продуктів нижча, ніж у апаратах із горизонтальним потоком повітря.

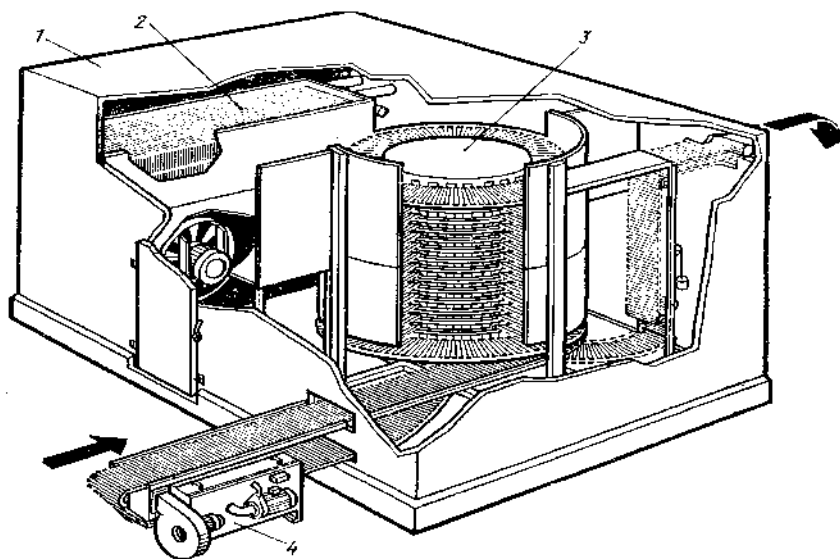


Рисунок 2.19 – Апарат зі стрічковим спіральним конвеєром: 1 – теплоізоляційне огороження; 2 – повітроохолоджувач; 3 – барабан; 4 – пристрій для санітарної обробки стрічки конвеєра

Компактний спіральний морозильний апарат продуктивністю до 250 кг/годину (рис. 2.20) складається зі спірального багатоярусного конвеєра, яким рухається продукція, що заморожується, та холодильної установки, яка забезпечує інтенсивне відбирання тепла від продукту.

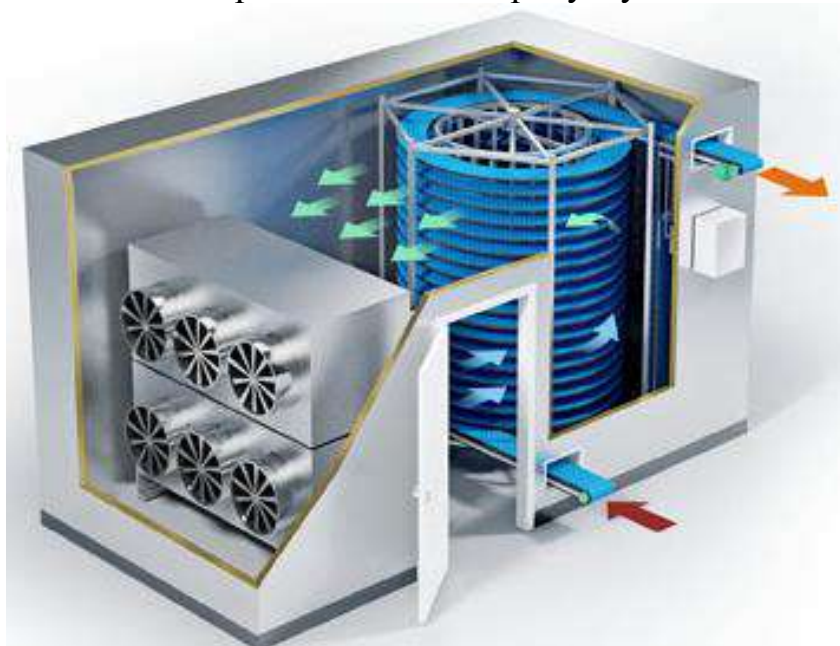


Рисунок 2.20 – Загальний вигляд компактного спірального морозильного апарата продуктивністю до 250 кг/годину

Спіральний конвеєр складається з обертового барабана, встановленого усередині рами, і модульної поворотної стрічки, що обертається довкола нього. Стрічка виготовлена з поліетилену харчового застосування, її легко чистити, розбирати та замінити. В апараті можливо регулювати швидкість руху стрічки залежно від типу продукції та вимог технологічного процесу. Матеріал всіх металоконструкцій – іржостійка сталь.

Низькотемпературна холодильна установка складається з компресорно-ресиверного агрегату на базі гвинтового напівгерметичного компресора Bitzer; повітроохолоджувача; мастилоохолоджувача; повітряного конденсатора; шафи керування.

Морозильні апарати «Гірофриз» призначені для заморожування дрібноштучних продуктів (котлети, шніцелі, біфштекси, кускове м'ясо, рибні палички). Апарат (рис. 2.21) складається з ізолюваного контуру, повітроохолоджувача, вентиляторів, пристрою для миття та сушіння стрічки, натяжного пристрою й вузла розвантаження.

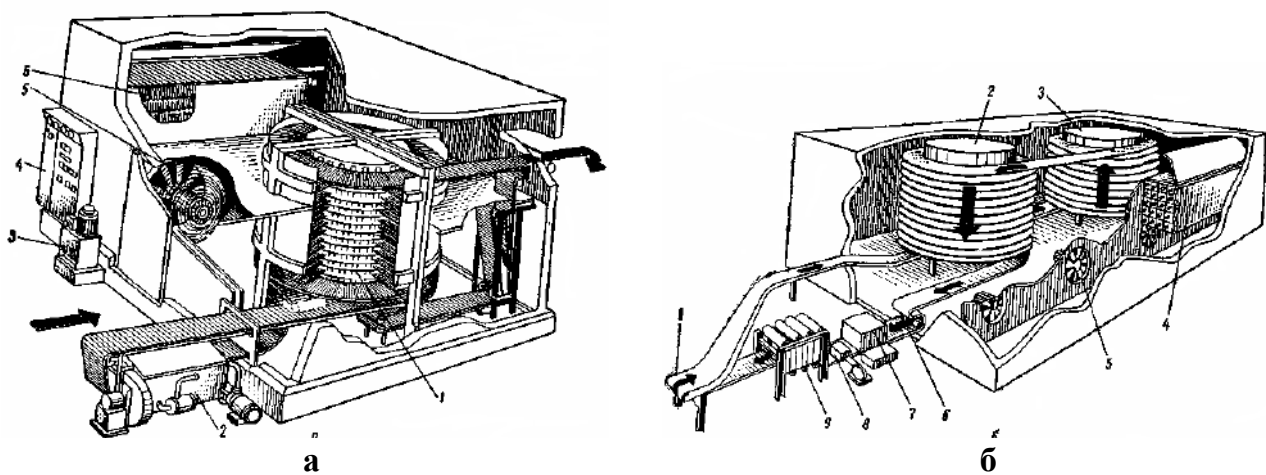


Рисунок 2.21 – Морозильні апарати «Гірофриз»: а – з одним барабаном: 1 – барабан; 2 – пристрій для миття стрічки; 3 – перетворювач частоти; 4 – розподільний щит; 5 – вентилятор; 6 – повітроохолоджувач; б – з двома барабанами: 1 – пристрій для перевертання стрічки; 2 – другий барабан; 3 – перший барабан; 4 – повітроохолоджувач; 5 – вентилятор; 6 – вузол розвантажування; 7 – пристрій для миття; 8 – вентилятор сушіння стрічки; 9 – натяжний пристрій

Спіральний стрічковий конвеєр може переміщатися навколо одного чи двох барабанів. Стрічка конвеєра по краях має спеціальні ланки, що з'єднані між собою хрестоподібно круглими стрижнями. Отвори в ланках виконані так, що стрічка може стискатися і розтягуватися. Стрічку можна навивати на барабан діаметром близько 2 м. Характерною рисою такої стрічки є і те, що продукт залишається зафіксованим на ній під час руху в апараті. Це дозволяє на одній стрічці одночасно заморожувати різні продукти, тривалість холодительної обробки яких однакова.

Барабан приводиться в рух електричним чи гідравлічним приводом. Такий привід виключає необхідність застосування проміжних валів, підшипників і передач. Обертання барабана регулюють, змінюючи кількість подаваної рідини в гідравлічний привід чи перетворюючи частоту струму.

Швидкість руху стрічкового конвеєра задається такою, щоб продукт за час переміщення його в апараті був заморожений.

Відсік із оребреними повітроохолоджувачами й осьовими вентиляторами знаходиться поруч із вантажним відсіком. Охолодження повітроохолоджувачів може проводитися аміаком (із застосуванням насосно-циркуляційної схеми) чи фреоном.

Холодне повітря в апараті обдуває продукти, що заморожуються, зверху вниз чи знизу нагору. Оскільки повітря в апараті послідовно проходить через яруси й поступово насичується вологою, це сприяє зменшенню усушки продуктів, що заморожуються. В апаратах «Гірофриз» усушка на 40...50% менша, ніж у повітряних морозильних апаратах.

Апарат обладнується автоматичним пристроєм для миття та сушіння стрічки. Стрічка спочатку зрошується теплою водою й дезінфікуючим

розчином, а потім обполіскується теплою водою. Вентилятор, установлений по ходу руху стрічки за мийним пристроєм, підсушує стрічку.

Після миття та сушіння стрічка проходить натяжний пристрій, що компенсує зміну довжини. Стрічка змінює лінійні розміри за зміни температури та внаслідок зносу. Для зменшення зносу стрічки в апараті передбачений спеціальний пристрій, що її перевертає. Вузол розвантаження, обладнаний нейлоновим ножом, знімає продукт зі стрічки.

Переваги: простота експлуатації, максимальна гігієнічність, інтенсивність холодильної обробки, мала усушка.

Апарати для заморожування розфасованих продуктів

Широке поширення одержують конвеєрні морозильні апарати для заморожування в повітрі готових блюд чи напівфабрикатів, розфасованих на порції чи упакованих у тару. У вантажному відсіку продукт переміщується стрічковими конвеєрами на спеціальних лотках, умонтованих у ланцюговий конвеєр, чи на стелажах.

Апарат для заморожування готових блюд в упаковці, хлібобулочних виробів і морозива (рис. 2.22) складається з транспортерів завантаження й вивантаження, стелажів для заморожування продуктів, гідравлічного циліндра, повітроохолоджувача з осьовими вентиляторами, пульта автоматичного контролю й управління.

Транспортером завантаження продукти, які необхідно заморожувати, направляються в апарат і надходять на стелажі. За допомогою гідравлічного циліндра стелажі приводяться в безупинний рух. Тривалість переміщення стелажа з продуктом від завантаження до вивантаження складає один повний цикл заморожування. З апарата заморожений продукт видаляється транспортером вивантаження. Завантаження стелажів продуктами, а також їх розвантаження проводяться одночасно, але на різних рівнях апарата.

Двосекційний повітроохолоджувач виготовлений із оребрених труб і обслуговується осьовими вентиляторами, що розміщують у верхній частині вантажного відсіку. Повітря всмоктується вентиляторами й направляються через повітроохолоджувач у нижню частину вантажного відсіку. Рухаючись у вантажному відсіку знизу нагору, холодне повітря омиває продукт і заморожує його. Повітроохолоджувач відтають не частіше одного разу на тиждень, тому що надходження вологи від упакованих продуктів і через вікна завантаження й вивантаження мінімальні.

Технологічні процеси в апараті автоматизовані. Керування роботою окремих вузлів морозильного апарата проводиться електричними блоками й електромагнітними гідравлічними клапанами.

Переваги: висока продуктивність, можливість заморожування упакованих продуктів, компактність, механізація та автоматизація технологічних процесів.

Недоліки: складна за конструкцією та керуванням кінематична схема переміщення стелажів.

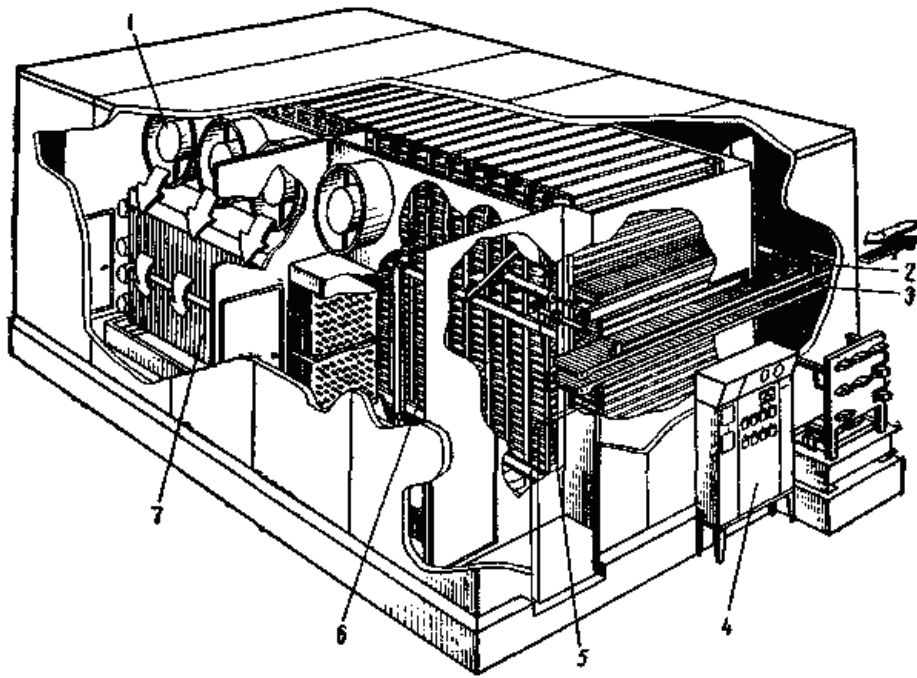


Рисунок 2.22 – Конвеєрний морозильний апарат для заморожування готових блюд в упаковці, хлібобулочних виробів та морозива: 1 – осьові вентилятори; 2 – транспортер завантаження; 3 – транспортер вивантаження; 4 – пульт автоматичного контролю та управління; 5 – гідравлічний циліндр; 6 – стелажі; 7 – повітроохолоджувач

Простим і надійним в роботі є апарат, у якому заморожування готових блюд (рибні палички, вироби з картоплі, кускова риба чи м'ясо) проводиться на стрічці конвеєра. Конвеєр апарата є продовженням технологічного конвеєра, що виключає проміжне перевантаження продукту.

Апарат (рис. 2.23) складається з трьох сітчастих конвеєрів із індивідуальним приводом, вентиляторів і оребрених повітроохолоджувачів.

Продукти, що підлягають заморожуванню, стрічкою сітчастого конвеєра направляються через вікно завантаження у вантажний відсік апарата. Якщо продукт, що надходить на холодильну обробку, має високу початкову температуру і потребує попередньої холодильної обробки, то в апараті передбачають зону попереднього охолодження.

Верхнім конвеєром продукт, що обдувається холодним повітрям, транспортується вздовж вантажного відсіку. Рух повітря у відсіку спрямовано зверху донизу. Наприкінці відсіку підморожений продукт із верхньої стрічки конвеєра спеціальним жолобом, виконаним із нержавіючої сталі, передається на стрічку середнього конвеєра, що переміщає продукт у напрямку вікна завантаження. На нижньому конвеєрі продукт остаточно заморожується й видаляється з апарата через вікно розвантаження, що знаходиться в торцевій стіні апарата напроти вікна завантаження, що забезпечує надійність руху продукту в апараті. Кожний із конвеєрів має індивідуальний привід, тому швидкість руху стрічки може регулюватися в широкому діапазоні, забезпечуючи заморожування продуктів різної товщини.

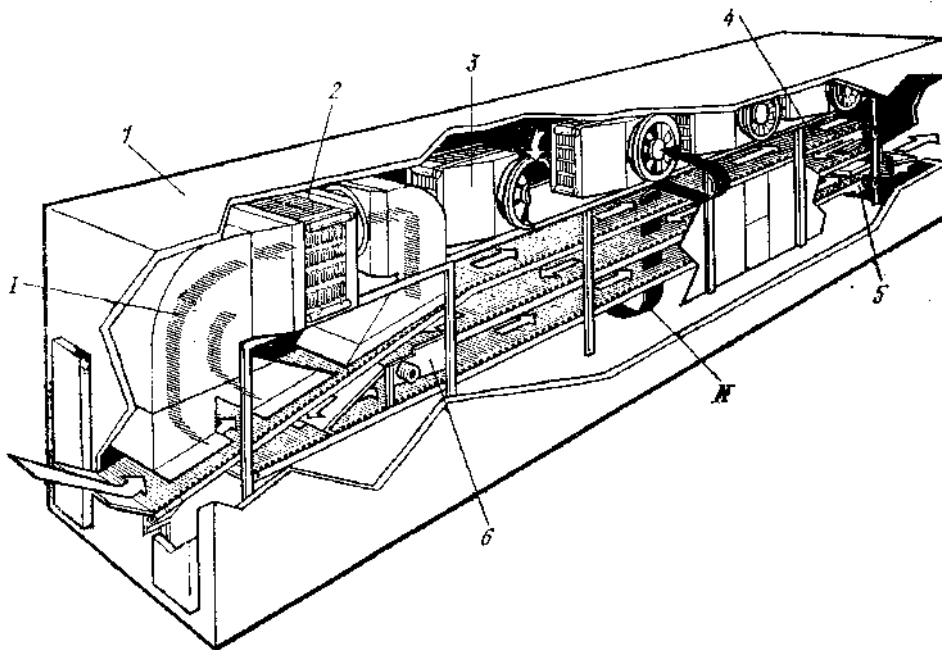


Рисунок 2.23 – Морозильний апарат для заморожування готових блюд на стрічці конвеєра: 1 – теплоізоляційне огородження; 2 – повітроохолоджувач поздовжнього циркуляційного контуру І; 3 – повітроохолоджувач поперечного циркуляційного контуру ІІ; 4 – верхній конвеєр; 5 – нижній конвеєр; 6 – середній конвеєр

Повітроохолоджувачі, розташовані уздовж конвеєрів, забезпечують поперечний рух повітря. Причому більш холодне повітря направляється на нижній конвеєр, де розташовується продукт із самою низькою температурою, і потім, проходячи через інші, засмоктується вентилятором. В апараті передбачені два циркуляційних повітряних контури: поздовжній у зоні завантаження продукту та поперечний в іншому обсязі апарата. Перший контур забезпечує швидке охолодження продукту, що необхідно в разі надходження продукту з високою температурою поверхневого шару, наприклад обсмаженого. Крім того, він перешкоджає проникненню теплого повітря через завантажувальне вікно.

Переваги: компактність, гігієнічність, надійність у роботі, зручність і простота експлуатації.

Недоліки: надходження тепла й вологи через вікна завантаження та вивантаження.

Стрічковий морозильний апарат, що має три конвеєри: два для транспортування продукту у вертикальній площині та горизонтальний для завантаження та вивантаження, показаний на рис. 2.24. Продукт переміщається на листах із іржостійкої сталі, які захоплюються затискачами горизонтального конвеєра та подаються в апарат. Конвеєр апарата, що рухається безупинно, підхоплює листи за бічні кромки та транспортує їх нагору. У крайнім верхньому положенні листи переводяться автоматично на конвеєр, що опускає листи. Досягши нижнього положення, листи із замороженим продуктом захоплюються

затискачами горизонтального конвеєра та видаляються з апарата. Повітроохолоджувачі, розташовані уздовж апарата, максимально наближені до продукту, а листи із продуктом організують рух потоку повітря. Апарат компактний, наприклад, за однакової продуктивності він займає у виробничому приміщенні площу на 20% і обсяг на 40% менші, ніж апарат зі спіральним стрічковим конвеєром.

Конвеєрні апарати для заморожування продуктів (птиця, олія, хлібобулочні вироби, покладені в картонні перфоровані ящики), упакованих у великогабаритну тару, можуть виконуватися із сітчастим або зі стрічковим конвеєром, з поперечним або з подовжнім рухом повітря.

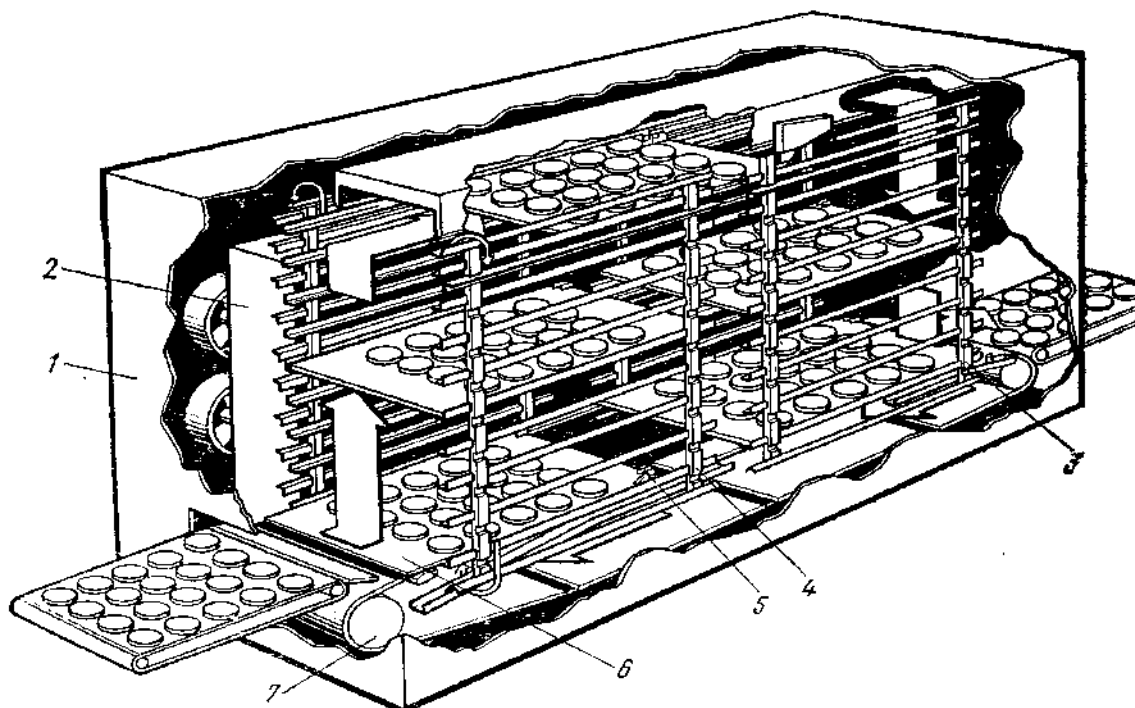


Рисунок 2.24 – Апарат із вертикальними та горизонтальними конвеєрами:
1 – теплоізоляційне огороження; 2 – повітроохолоджувач; 3 – вертикальний конвеєр, що опускає продукт; 4 – вертикальний конвеєр, що піднімає продукт; 5 – швидкодіючий затискач; 6 – лист із продуктом; 7 – горизонтальний конвеєр

Технічна характеристика апаратів для заморожування готових блюд приведена в табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Технічна характеристика апаратів для заморожування готових блюд

Показники	Значення	
	апарат для заморожування готових блюд в упаковці	апарат для заморожування готових блюд
1	2	3
Продуктивність, т на добу	0,6	0,6...1

Продовження табл. 2.6

1	2	3
Ємність, кг	300...500	300...500
Площа поверхні повітроохолоджувача, м ²	400	450
Температура повітря в апараті, °С	-35	-35
Швидкість руху повітря, м/с	5...6	4...5
Кількість вентиляторів, шт.	8	4
Продуктивність вентиляторів, м ³ /с	8	10
Потужність електродвигунів, кВт	7,2	5,6
Тривалість заморожування, годин	30...40	20...30
Габаритні розміри, мм		
довжина	7600	8100
ширина	2600	3800
висота	3500	2700
Маса, кг	8500	9200

Апарат із сітчастим конвеєром і поперечним рухом повітря (рис. 2.25а) складається з конвеєра, двосекційного повітроохолоджувача, вентиляторної установки, скомпонованої на базі відцентрових вентиляторів, приводів конвеєра й вентиляторів.

Продукт, що знаходиться в тарі, із завантажувального столу через вікно спеціальними штовхальниками передається на стрічку сітчастого конвеєра, рух якого у вантажному відсіку апарата кроковий (переривчастий). Керування рухом конвеєра, завантажувального столу і штовхальників здійснює реле часу, настроювання якого залежить від виду продукту, що заморожується. Послідовно проходячи шлях від вікна завантаження до вікна вивантаження, продукт обдувається холодним повітрям, заморожується і зі стрічки сітчастого конвеєра через вікно передається на розвантажувальний транспортер.

Повітроохолоджувачі, що виконані з оребрених труб, розташовані під вантажним відсіком. Для відтаювання повітроохолоджувачів конвеєр із вантажного відсіку апарата повинен бути евакуйований через знімну торцеву стінку. У цьому випадку переміщення конвеєра разом із приводом здійснюється на спеціальних роликах. Зважаючи на те, що продукт заморожується затареним, усушка невелика. Для відтаювання апарат зупиняють не частіше одного разу на тиждень.

Переваги: простота апарата, в якому механізовані й автоматизовані технологічні процеси.

Недоліки: складність відтаювання, а також значний аеродинамічний опір циркуляційного кільця, що вимагає застосування відцентрових вентиляторів і підвищених енергетичних витрат на їхній привід, знижують ефективність і економічність його роботи.

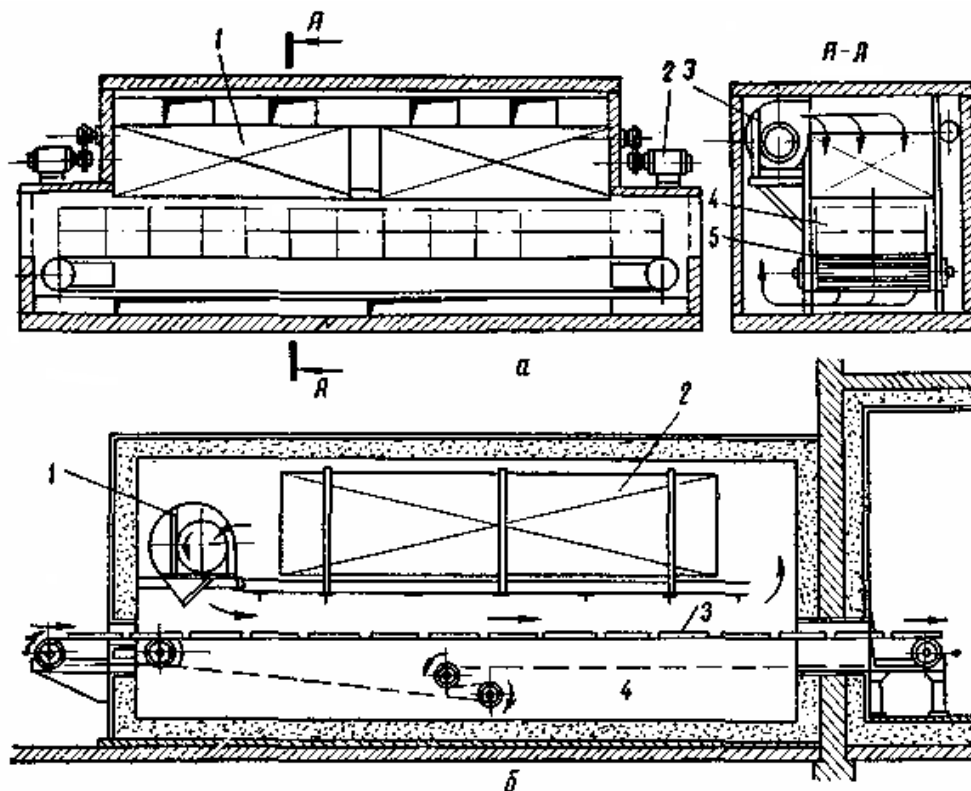


Рисунок 2.25 – Конвеєрні морозильні апарати для заморожування упакованих продуктів: а – із сітчастим конвеєром і поперечним рухом повітря; 1 – повітроохолоджувач; 2 – привід вентиляторів; 3 – відцентровий вентилятор; 4 – упакований продукт; 5 – сітчастий конвеєр; б – зі стрічковим конвеєром та подовжнім рухом повітря; 1 – відцентровий вентилятор; 2 – повітроохолоджувач; 3 – упакований продукт; 4 – стрічковий конвеєр

Апарат зі стрічковим конвеєром і подовжнім рухом повітря (рис. 2.25б) складається з конвеєра, повітроохолоджувача, відцентрового вентилятора, приводів конвеєра й вентилятора.

Упаковані продукти вкладаються вручну на стрічку конвеєра, а потім через вікно завантаження надходять у вантажний відсік апарата. Безупинно переміщаючись на конвеєрі, упакований продукт обдувається холодним повітрям, за допомогою відцентрового вентилятора. Заморожений продукт через вікно розвантаження, сполучене з вантажним прорізом камери, попадає в неї для тривалого зберігання.

Повітря охолоджується в повітроохолоджувачі, виконаному з труб із перемінним кроком оребрення й розташованому над вантажним відсіком апарата. Потала вода, що утворюється під час відтаювання секцій, збирається в піддон, що обігрівається, який розташований безпосередньо під повітроохолоджувачем.

Переваги: конструкція апарата проста, він зручний у експлуатації.

Недоліки: подовжній рух повітря та застосування ручної праці знижують ефективність його роботи.

Технічна характеристика конвеєрних апаратів для заморожування упакованих продуктів приведена в табл. 2.7.

**Таблиця 2.7 – Технічна характеристика конвеєрних апаратів
для заморожування упакованих продуктів**

Показники	Значення	
	Конвеєрні апарати	
	із сітчастим конвеєром та поперечним рухом повітря	зі стрічковим конвеєром та подовжнім рухом повітря
Продуктивність, т на добу	0,6...0,8	0,3...0,5
Ємність, кг	160	120
Площа поверхні повітроохолоджувача, м ²	520	350
Температура повітря в апараті, °С	-30	-30
Швидкість руху повітря, м/с	3...4	3...3,5
Кількість вентиляторів, шт.	4	2
Продуктивність вентиляторів, м ³ /с	6,2	4,8
Потужність електродвигунів, кВт	9,6	5,8
Тривалість заморожування, год	30...50	20...30
Габаритні розміри, мм		
довжина	8400	6200
ширина	2800	2100
висота	2600	2600
Маса, кг	9300	5200

2.2.3. Основи розрахунку конвеєрних апаратів

Якщо задані продуктивність апарата, вид продукту й розміри блока, що заморожується, середня температура повітря, початкова і кінцева температури продукту, напрямок і швидкість руху повітря в апаратах то під час розрахунку конвеєрних морозильних апаратів необхідно визначити обсяг і масу блока, що заморожується; тривалість заморожування; ємність апарата та кількість блоків у ньому; довжину ланцюга і швидкість руху вантажного конвеєра апарата; число галузей конвеєра апарата; кількість повітря, що рухається; теплове навантаження; зміну температури повітря в апараті і середню логарифмічну різницю температур; необхідну площу поверхні повітроохолоджувача та його конструктивні розміри; аеродинамічний опір циркуляційного кільця апарата; потужність електродвигунів вентиляторів.

Оскільки в конвеєрних морозильних апаратах продукти зазвичай заморожують у блок-формах, об'єм блока, який заморожується, складе

$$V_{\text{бл}} = l_{\text{бл}} b_{\text{бл}} \delta_{\text{бл}}, \quad (2.18)$$

де $V_{\text{бл}}$ – об’єм блока, який заморожується, м³;
 $l_{\text{бл}}, b_{\text{бл}}, \delta_{\text{бл}}$ – довжина, ширина, товщина блока, м.

Масу блоку, який заморожується, визначають за формулою

$$g_1 = V_{\text{бл}} \rho. \quad (2.19)$$

Тривалість заморожування знаходять за формулою Планка

$$\tau = \frac{q_3 \rho}{t_{\text{кр}} - t_c} \left[R \frac{\delta_{\text{бл}}}{\lambda} + P \left(\frac{1}{\alpha} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} \right) \right], \quad (2.20)$$

де $\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i}$ – сума теплових опорів стінок блок-форми та шарів упаковки, м²·К/Вт.

Коефіцієнт тепловіддачі від блок-форми при вимушеному русі повітря можна підрахувати за формулою

$$\alpha = 0,032 \frac{\omega^{0,8} \lambda_n}{l_x^{0,2} \nu^{0,8}}, \quad (2.21)$$

де ω – швидкість руху повітря біля блок-форм, м/с;
 l_x – лінійний розмір блок-форми в напрямку руху повітря, м.

Ємність апарата, тобто масу продукту, яка знаходиться на конвеєрі апарата, визначають за формулою

$$G = G' \tau. \quad (2.22)$$

Кількість блоків в апараті розраховують за рівнянням

$$z_{\text{б}} = \frac{G}{g_1}, \quad (2.23)$$

де $z_{\text{б}}$ – кількість блоків в апараті, шт.

Довжину ланцюга вантажного конвеєра апарата знаходять за формулою

$$L_{\text{л}} = b_{\phi} z_{\text{б}}, \quad (2.24)$$

де $L_{\text{л}}$ – довжина ланцюга вантажного конвеєра в апараті, м;
 b_{ϕ} – відстань між осями блок-форм, м.

Швидкість руху вантажного конвеєра визначають за рівнянням

$$\omega_k = \frac{L_l}{\tau}, \quad (2.25)$$

де швидкість руху вантажного конвеєра, м/с.

Число гілок конвеєра розраховують за формулою

$$z_c = \frac{L_l}{L_k}, \quad (2.26)$$

де z_c – число гілок конвеєра, шт.;

L_k – довжина гілок конвеєра, м.

Із конструктивних міркувань довжину гілки конвеєра L_k приймають рівною 5...8 м, для того щоб морозильні апарати могли розміщуватися в холодильниках із сіткою колон 6×6 та 6×12 м.

Якщо передбачено завантаження апарата продуктом та вивантаження заморожених блоків із апарата з торцевої стіни, то число гілок повинне бути парним.

Кількість повітря, яке рухається, визначають за рівнянням

$$V'_n = F_{жс} \omega, \quad (2.27)$$

де V'_n – кількість повітря, яке рухається, м³/с;

$F_{жс}$ – площа живого перерізу для проходу повітря, м².

Площа живого перерізу дорівнює:
за поперечного руху повітря

$$F_{жс} = [(L_k + 2b_1)l_1(z_n + 1)], \quad (2.28)$$

де b_1 – зазор між зірочкою вантажного конвеєра та ізолюваною торцевою стінкою апарата, м;

l_1 – зазор між блок-формами по висоті, який передбачений для проходу повітря, м;

за подовжнього руху повітря

$$F_{жс} = [(l + 2b_2)l_1(z_n + 1)], \quad (2.29)$$

де b_2 – зазор між блок-формою та боковими ізолюваними стінками апарата, м.

Теплове навантаження на обладнання визначають за формулою

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 + Q_{cm} + Q_\phi + Q_4, \quad (2.30)$$

де Q_{cm} – теплове навантаження від сталених деталей конвеєра, Вт;

$$Q_{cm} = m_{cm} c_{cm} \omega_\kappa (t_1 - t_2), \quad (2.31)$$

де m_{cm} – маса 1 м вантажного конвеєра, кг

c_{cm} – питома теплоємність сталі, Дж/(кг·К);

t_1 – температура сталених елементів вантажного конвеєра, нагрітих поза вантажним відсіком, °С;

t_2 – температура сталених елементів вантажного конвеєра після їх охолодження у вантажному відсіку апарата, °С;

Q_ϕ – теплове навантаження від блок-форм, Вт;

$$Q_\phi = m_\phi c_\phi \omega_\kappa (t_1 - t_2), \quad (2.32)$$

де m_ϕ – маса блок-форм, яка припадає на 1 м вантажного конвеєра, кг;

c_ϕ – питома теплоємність матеріалу блок-форм, Дж/(кг·К).

Теплоприплив від роботи вентиляторів під час визначення теплового навантаження апарата орієнтовно приймається (0,15...0,2) Q_2 .

Зміну температури повітря в апараті розраховують за рівнянням

$$\Theta = \frac{Q_0}{V_n \rho_n c_n}. \quad (2.33)$$

Середню логарифмічну різницю температур між повітрям та киплячим холодильним агентом визначають за формулою

$$\Delta t_m = \frac{\Theta}{2,3 \lg \frac{t'_c - t_0}{t''_c - t_0}}, \quad (2.34)$$

де t'_c – температура повітря перед повітроохолоджувачем, °С;

$$t'_c = t_c + \frac{\Theta}{2}, \quad (2.35)$$

t''_c – температура повітря після повітроохолоджувача, °С;

$$t''_c = t_c - \frac{\Theta}{2}. \quad (2.36)$$

Площу поверхні повітроохолоджувача знаходять за формулою (2.37)

$$F_{no} = \frac{Q_0}{k_0 \Delta t_m}, \quad (2.37)$$

де F_{no} – площа поверхні повітроохолоджувача, м²;
 k_0 – коефіцієнт теплопередачі повітроохолоджувачів, Вт/(м²·К);
 Δt_m – середньологарифмічна різниця температур повітря та кипіння холодильного агента, °С.

Якщо не передбачено ніяких інших технічних рішень, то для зменшення шкідливого впливу інею повітроохолоджувач повинен виконуватися з декількох секцій, кількість яких звичайно не перевищує трьох.

Довжину труб у кожній секції розраховують за рівнянням

$$L_{c.x} = \frac{\Pi_x F_{no}}{f_x}, \quad (2.38)$$

де $L_{c.x}$ – довжина труб у секції повітроохолоджувача, м;
 Π_x – частка загальної площі поверхні повітроохолоджувача, яка припадає на секцію;
 f_x – площа поверхні 1 м оребреної труби з прийнятим кроком оребрення, характерним для даної секції, м².

Конструктивні розміри повітроохолоджувача визначаються площею живого перерізу каналу, в якому розміщуються секції.

Площа живого перерізу цього каналу складає

$$F_\kappa = \frac{V_n}{\omega_n}, \quad (2.39)$$

де F_κ – площа живого перерізу каналу, м²;
 ω_n – швидкість потоку, що набігає або швидкість в каналі за відсутності секцій, м/с (2,5...3).

Секції повітроохолоджувачів компонуються з відрізків труб, які з'єднані колекторами, або калачами. Довжину відрізка труби l_{mp} задають, виходячи з конструктивних міркувань, тоді ширина каналу складе

$$B_\kappa = l_{mp} + 2l_3, \quad (2.40)$$

де B_κ – ширина каналу, м;
 l_{mp} – довжина труби, м;
 l_3 – зазор між трубами секцій та боковими стінками каналу, м.

Висоту каналу визначають за формулою

$$H_{\kappa} = \frac{F_{\kappa}}{B_{\kappa}}, \quad (2.41)$$

де H_{κ} – висота каналу, м.

На такій висоті можна розмістити

$$n_1 = \frac{H_{\kappa}}{s_1} - 1 \text{ рядів труб}, \quad (2.42)$$

де n_1 – кількість труб по висоті каналу;
 s_1 – відстань між трубами по висоті, м.

Довжину труб у одному вертикальному ряду розраховують за рівнянням

$$L_{mp} = n_1 l_{mp}, \quad (2.43)$$

де L_{mp} – довжина труб у вертикальному ряду, м.

Кількість вертикальних рядів труб у кожній секції знаходять із залежності

$$m_x = \frac{L_{c.x}}{L_{mp}}, \quad (2.44)$$

де m_x – кількість вертикальних рядів труб у секції.

Значення m_x в кожній секції повинно бути кратним одиниці.

Аеродинамічний опір в циркуляційному кільці апарата визначають за формулою

$$\Delta p = (\Delta p_{no} + \Delta p_{zp} + \Delta p_{нов} + \Delta p_{диф} + \Delta p_{конф} + \Delta p_{ex}) \cdot 1,1, \quad (2.45)$$

де Δp – аеродинамічний опір у циркуляційному кільці апарата, Па;
 Δp_{no} , Δp_{zp} , $\Delta p_{нов}$, $\Delta p_{диф}$, $\Delta p_{конф}$, Δp_{ex} – аеродинамічний опір секцій повітроохолоджувача, у вантажному відсіку апарата, поворотів, дифузора, конфузора при вході повітря в вентилятор, Па;
1,1 – коефіцієнт, який урахує аеродинамічний опір тертя повітря в каналах.

Аеродинамічний опір секцій повітроохолоджувача визначається з припущення, що на їх поверхні знаходиться снігова шуба. Товщину снігової шуби можна прийняти на першій секції 3 мм, на другій 2 мм, на третій 1 мм.

Аеродинамічний опір однієї секції за шахматного розташування труб із навивними ребрами знаходять за формулою

$$\Delta p_x = 1,35 m_x \left(\frac{h}{d_3} \right)^{0,46} \left(\frac{U_x}{d_3} \right)^{-0,72} Re_x^{-0,24} \frac{(\omega'_x)^2}{2} \rho_n, \quad (2.46)$$

де Δp_x – аеродинамічний опір секції, Па;
 h – висота ребра, м;
 d_3 – зовнішній діаметр труби, м;
 U_x – відстань між ребрами з урахуванням снігової шуби, м;
 ω'_x – швидкість руху повітря в живому перерізі секцій, м/с;

$$Re_x = \frac{\omega'_x d_3}{v_6}. \quad (2.47)$$

Кінематичну в'язкість v_6 визначають за температури кипіння холодильного агента в трубах повітроохолоджувача.

Швидкість руху повітря в живому перерізі секції знаходять із залежності

$$\omega'_x = \varphi_x \omega_n, \quad (2.48)$$

де φ_x – коефіцієнт стиснення, який урахує розташування в перерізі каналу оребраних труб;

$$\varphi_x = \frac{\frac{s_1}{d_3} \left(1 - \frac{\delta_p}{U_x} \right)}{\frac{s_1}{d_3} - 1 + \left(\frac{s_1}{d_3} - 1 - \frac{2h}{d_3} \right) \frac{\delta_p}{U_x}}, \quad (2.49)$$

δ_p – товщина ребра, м;

$$U_x = i - \delta_p - 2\delta_{c.x}, \quad (2.50)$$

i – крок між ребрами, м;
 $\delta_{c.x}$ – товщина снігової шуби, яка утворилася на секції, м;
 ω_n – швидкість руху потоку повітря, що набігає, м/с.

Аеродинамічний опір секцій повітроохолоджувача складе

$$\Delta p_{no} = \sum \Delta p_x. \quad (2.51)$$

Аеродинамічний опір блок-форм у вантажному відсіку апарату рівний

$$\Delta p_{zp} = \xi_{\phi} n_{\phi} \frac{\omega^2}{2} \rho_n, \quad (2.52)$$

де ξ_{ϕ} – коефіцієнт місцевого опору блок-форми;
 n_{ϕ} – кількість форм, які омиваються повітрям (за поперечного руху – 1...2 форми, а за подовжнього – $n_{\phi} = \frac{L_k}{b}$).

Аеродинамічний опір поворотів складе

$$\Delta p_{пов} = n_{пов} \xi_{пов} \frac{\omega_{пов}^2}{2} \rho_n, \quad (2.53)$$

де $n_{пов}$ – кількість поворотів, які здійснює повітря в циркуляційному кільці апарата;
 $\xi_{пов}$ – коефіцієнт місцевого опору повороту;
 $\omega_{пов}$ – швидкість руху повітря в перерізі повороту, м/с.

Аеродинамічний опір дифузора визначають за формулою

$$\Delta p_{диф} = \xi_{диф} \frac{\omega_{диф}^2}{2} \rho_n, \quad (2.54)$$

де $\xi_{диф}$ – коефіцієнт місцевого опору дифузора;
 $\omega_{диф}$ – швидкість руху повітря в стиснутому перерізі дифузора, м/с.

Аеродинамічний опір конфузора визначають за формулою

$$\Delta p_{конф} = \xi_{конф} \frac{\omega_{конф}^2}{2} \rho_n, \quad (2.55)$$

де $\xi_{конф}$ – коефіцієнт місцевого опору конфузора;
 $\omega_{конф}$ – швидкість руху повітря в стиснутому перерізі конфузора, м/с.

Аеродинамічний опір при вході повітря у вентилятор знаходять за формулою

$$\Delta p_{вх} = \xi_{вх} \frac{\omega_{вх}^2}{2} \rho_n, \quad (2.56)$$

де $\xi_{вх}$ – коефіцієнт місцевого опору при вході повітря у вентилятор;
 $\omega_{вх}$ – швидкість руху повітря в всмоктувальному вікні вентилятора, м/с;

$$\omega_{\text{ex}} = \frac{4V_{\text{e}}}{\pi d_{\text{e}}^2 n_{\text{e}}}, \quad (2.57)$$

де d_{e} – діаметр усмоктувального вікна вентилятора, м;
 n_{e} – кількість вентиляторів, шт.

Для обчислення швидкості руху повітря в усмоктувальному вікні треба підібрати вентилятори. Підбір вентиляторів проводиться залежно від кількості повітря, що рухається, і зразкового аеродинамічного опору в циркуляційному кільці апарата (без оурахування опору входу повітря у вентилятор).

Для підбраного вентилятора знаходиться діаметр усмоктувального вікна. Потім визначається Δp_{ex} і уточнюється аеродинамічний опір у циркуляційному кільці апарата. Потужність електродвигунів вентиляторів знаходять за формулою (2.58)

$$Ne = \frac{V_{\text{e}} \Delta P}{\eta}, \quad (2.58)$$

де Ne – потужність електродвигунів, кВт;
 ΔP – аеродинамічний опір під час руху повітря в циркуляційному кільці, Па;
 η – ККД вентилятора.

Уточнення теплового навантаження проводиться з урахуванням дійсного теплоприпливу від роботи вентиляторів.

2.3. Флюїдизаційні апарати

Флюїдизаційні морозильні апарати (рис. 2.31) призначені для заморожування дрібноштучних харчових продуктів (зелений горошок, боби, квасоля, великі овочі та фрукти, нарізані у вигляді скибочок чи кубиків, а також ягоди, рибні палички та ін.), що мають однакову форму й незначно розрізняються розмірами і масою окремих частинок (шматків).

У таких апаратах продукти заморожують у потоці холодного повітря, що подається знизу через спеціальні решітки (перфорований піддон) у вантажний відсік. Повітря, що рухається, створює повітряну подушку і переміщає дрібноштучний продукт уздовж вантажного відсіку апарата.

У разі заморожування продуктів у флюїдизаційних апаратах енергетичні витрати на привід вентиляторів залежать від швидкості руху повітря, що продувається через решітки. Якщо розміри й маса одиничного продукту збільшуються, то зростають швидкість руху повітря, його обсяг і маса. Для зниження енергетичних витрат великі шматки продуктів (розміром більше 40...50 мм) заморожують у щільному шарі з механічним переміщенням продукту через вантажний відсік. Заморожування великих шматків продуктів може проводитись також і в проміжному дрібнодисперсному середовищі.



Рисунок 2.26 – Флюїдизаційний морозильний апарат (розріз)

Флюїдизаційні морозильні апарати бувають малої, середньої та великої продуктивності.

2.3.1. *Апарат малої продуктивності* (рис. 2.27) складається з ізольованого контуру, повітроохолоджувача, над яким розташований піддон з перфорованим дном, вібраційних решіток і відцентрових вентиляторів.

Із технологічного цеху вологий продукт транспортером через вікно подається до завантажувального пристрою апарата, що обладнано вібраційними решітками для підсушування продукту. Підсушування запобігає примерзанню вологого продукту до піддона з перфорованим дном. Потрапляючи на піддон, продукт обдувається холодним повітрям і в зваженому стані швидко заморожується. Крижана кірка, що утворилася, зменшує усушку. З апарата заморожений продукт видаляється через розвантажувальне вікно й направляється для розфасування й упакування.

Рух повітря в апараті здійснюється відцентровими вентиляторями. Повітря нагнітається вентиляторями у вантажний відсік.

Із повітроохолоджувача повітря направляється до піддона з перфорованим дном. Повітроохолоджувач апарата відтає гарячими парами аміаку.

Переваги: швидко заморожується дрібноштучний продукт, апарат простий у експлуатації та надійний у роботі.

Недоліки: необхідність періодичних зупинок для видалення снігової шуби з поверхні повітроохолоджувача.

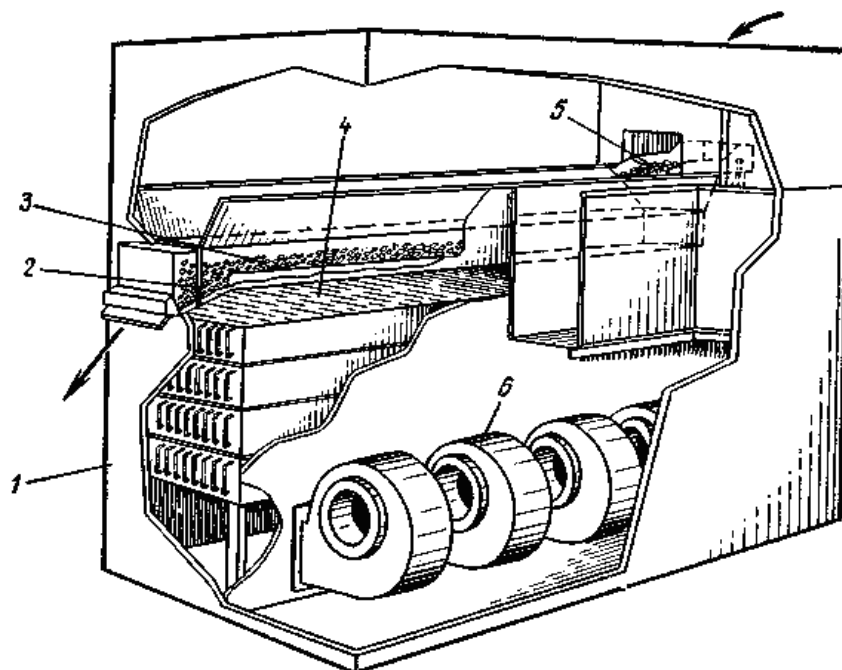


Рисунок 2.27 – Флюїдизаційний апарат малої продуктивності: 1 – ізолюваний контур; 2 – піддон із перфорованим дном; 3 – продукт; 4 – повітроохолоджувач; 5 – вібраційна решітка; 6 – відцентрові вентилятори

Технічна характеристика флюїдизаційного морозильного апарата малої продуктивності приведена в табл. 2.9.

Таблиця 2.9 – Технічна характеристика флюїдизаційного морозильного апарата малої продуктивності

Параметр	Значення
1	2
Продуктивність, т на добу	0,6...0,8
Ємність, кг	100...150
Площа поверхні повітроохолоджувача, м ²	800
Температура повітря в апараті, °С	-25...-35
Швидкість руху повітря в апараті, м/с	4...5

1	2
Кількість вентиляторів, шт..	4
Продуктивність вентиляторів, м ³ /с	10,5
Потужність електродвигунів, кВт	28
Тривалість заморожування, хв	10...20
Габаритні розміри, мм	
довжина	2400
ширина	2300
висота	3400
Маса, кг	3800

2.3.2. *Апарат середньої продуктивності* (рис. 2.28) повітроохолоджувач складається з чотирьох секцій, відділених теплоізовльованими перегородками. Секції повітроохолоджувача мають незалежне живлення рідким холодильним агентом. Таке компонування повітроохолоджувача дозволяє відтавати снігову шубу гарячою парою холодильного агента з кожної секції, не зупиняючи апарат. Спеціальний командний пристрій відключає секцію для відтавання. При цьому автоматично закривається щит (шибер) і припиняється рух холодного повітря через секцію. Для прискорення відтавання секція зрошується теплою водою.

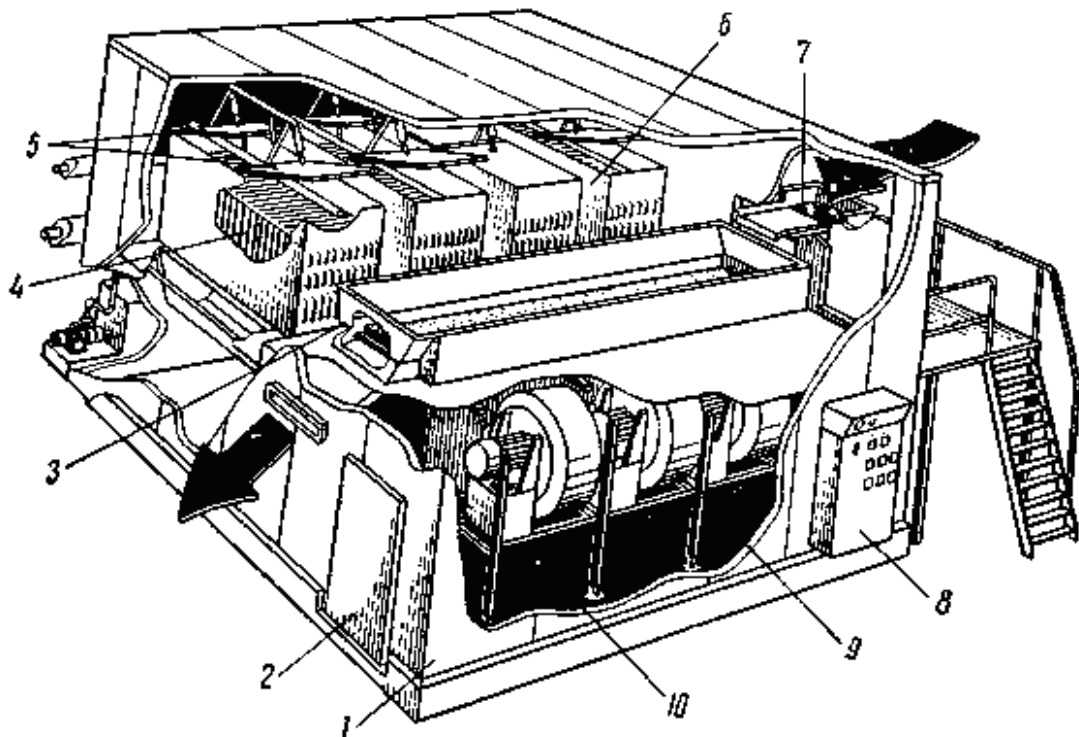


Рисунок 2.28 – Флюїдизаційний апарат середньої продуктивності:
 1 – ізовльований контур апарата; 2 – двері; 3 – піддон із перфорованим дном;
 4 – секція повітроохолоджувача; 5 – щити для закривання секції повітроохолоджувача; 6 – теплоізоляційна перегородка; 7 – вібраційна решітка;
 8 – щит; 9 – вентилятор; 10 – площадка для устанoвлення вентиляторів

Технічна характеристика флюїдизаційного морозильного апарата середньої продуктивності приведена в табл. 2.10.

Таблиця 2.10 – **Технічна характеристика флюїдизаційного морозильного апарата малої продуктивності**

Параметр	Значення
Продуктивність (пза жареною картоплею, т на год	2,4
Ємність, кг	540
Площа поверхні повітроохолоджувача, м ²	1200
Температура повітря в апараті, °С	-30
Швидкість руху повітря в апараті, м/с	4...5
Кількість вентиляторів, шт.	4
Продуктивність вентиляторів, м ³ /с	25
Потужність вентиляторів, кВт	54
Тривалість заморожування, хв	15...20
Габаритні розміри, мм	
довжина	5600
ширина	6500
висота	4800
Маса, кг	16000

2.3.3. Апарати великої продуктивності

Флюїдизаційні апарати великої продуктивності можуть бути зі зрошуваним повітроохолоджувачем, багатоярусними решітками, механічним приводом решіток, а також із проміжним середовищем.

Апарат зі зрошуваним повітроохолоджувачем (рис. 2.29) являє собою ізольований контур із піддоном, повітроохолоджувачем, вентиляторами, каплевідділювачем, теплообмінником і реконцентратором етиленгліколю.

Зрошення повітроохолоджувача етиленгліколем виключає утворення снігової шуби на його теплопередавальній поверхні та створює умови для тривалої й ефективної роботи апарата.

Розчин етиленгліколю для зрошення повітроохолоджувача циркуляційним насосом забирається з піддона під перфорованим дном і направляється до зрошувальної гребінки. Поглинаючи з циркулюючого через повітроохолоджувач повітря вологу, розчин етиленгліколю деконцентрується й для відновлення концентрації частина його направляється в реконцентратор. Пройшовши через теплообмінник, концентрований розчин знову зливається в піддон. Проходячи з великою швидкістю, повітря захоплює крапельки етиленгліколю. Попаданню крапель отруйного розчину у вантажний відсік апарата запобігають каплевідділювачі, встановленими після повітроохолоджувача.

Зрошення повітроохолоджувача розчином етиленгліколю хоча і спрощує конструкцію апарата та його автоматизацію, проте пов'язано з необхідністю витрат енергії на роботу реконцентратора та циркуляційного насоса.

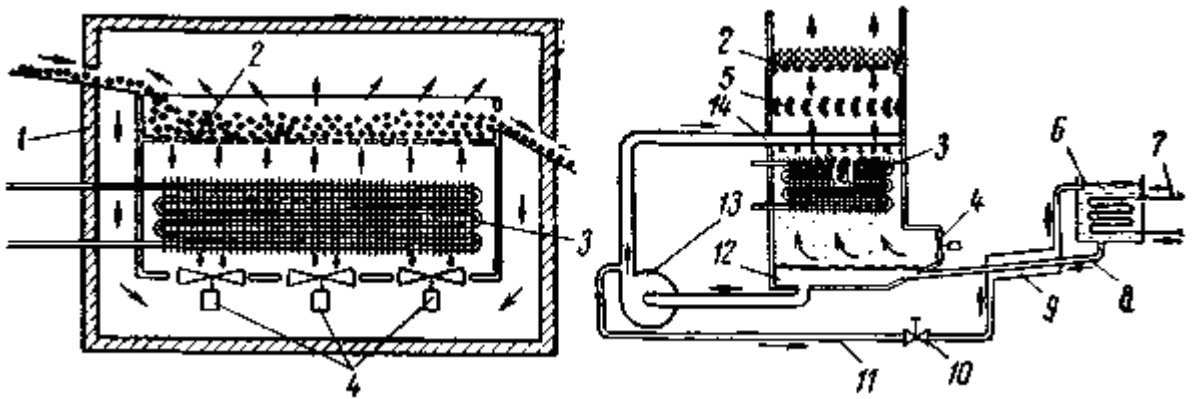


Рисунок 2.29 – Флюїдизаційний апарат великої продуктивності зі зрошувальним повітроохолоджувачем: 1 – ізолюваний контур; 2 – піддони з перфорованим дном; 3 – повітроохолоджувачі; 4 – вентилятори; 5 – каплевідділювачі; 6 – реконцентратор етиленгліколю; 7 – паровий змійовик для випаровування води з етиленгліколю; 8 – трубопровід для повернення етиленгліколю в піддон; 9 – теплообмінник; 10 – вентиль; 11 – трубопровід для подачі етиленгліколю в концентратор; 12 – піддон із розчином етиленгліколю; 13 – циркуляційний насос; 14 – зрошувальна гребінка

Флюїдизаційний апарат із багатоярусними решітками (рис. 2.30) включає ізолюваний контур, що складається з двох відсіків, пристрій попереднього охолодження й жалюзійні шторки, призначені для зміни кількості повітря і напрямку його руху, відцентрові вентилятори та повітроохолоджувач.

У першому відсіку ізолюваного контуру заморожуються дрібноштучні продукти, а в другому – великі куски продукту.

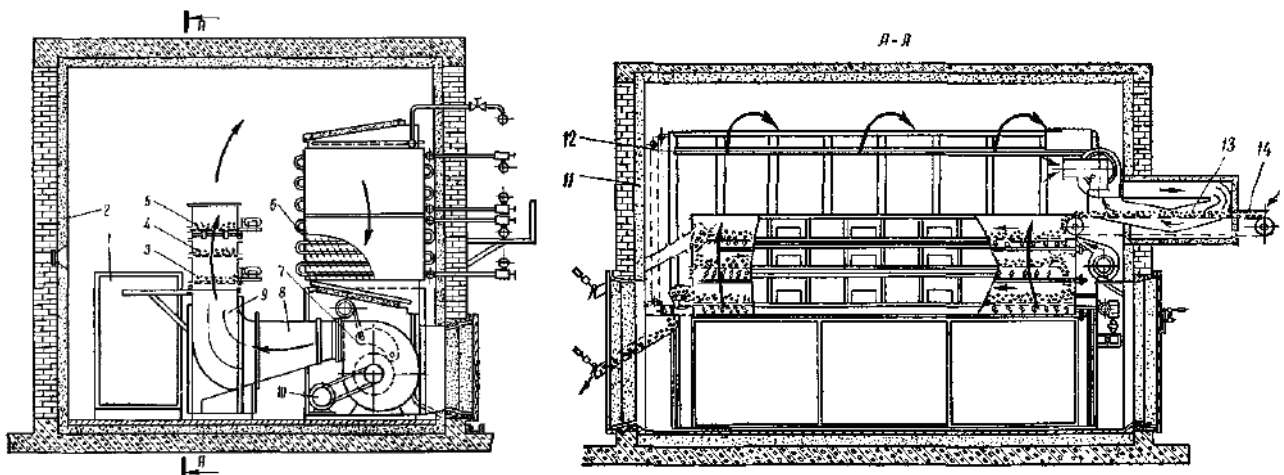


Рисунок 2.30– Флюїдизаційний апарат великої продуктивності з багатоярусними решітками: 1 – тунельний відсік; 2, 11 – ізолюваний контур; 3 – нижня нерухома решітка; 4 – середня нерухома решітка; 5 – верхня нерухома решітка; 6 – повітроохолоджувач; 7 – відцентровий вентилятор із електродвигуном; 8 – дифузор; 9 – повітророзподільний канал; 10 – двошвидкісний електродвигун відцентрового вентилятора; 12 – повітроохолоджувач; 13 – пристрій попереднього охолодження та підсушування продукту; 14 – транспортер подачі продукту в апарат

Продукт, що підлягає заморожуванню, попадає в пристрій попереднього охолодження й підсушування. Цей пристрій обладнаний вібраційними решітками та індивідуальним відцентровим вентилятором, що інтенсивно обдуває вібраційні решітки. Пристрій попереднього охолодження виключає наморожування й накопичення теплового та вологого продукту в початковій частині апарата.

Якщо заморожуються продукти невеликих розмірів (горошок, малина, різана стручкова квасоля та ін.), тривалість заморожування яких коротка, то використовують тільки верхні решітки. При цьому заморожений продукт вивантажується через верхнє вікно, що випускає.

Великі куски продукту, час заморожування яких відносно довгий, заморожуються на трьох решітках, послідовно зсипаючись із решітки на решітку. У цьому випадку заморожений продукт видаляється через нижнє вікно, що випускає.

Регулювання напрямку руху потоку продукту проводиться за допомогою шибєрів. Швидкість руху потоку продукту залежить від швидкості й напрямку руху повітря в решітках. Під кожними решітками розташовані жалюзійні шторки, призначені для регулювання руху повітря.

Двошвидкісні електродвигуни відцентрових вентиляторів повітроохолоджувачів дозволяють регулювати продуктивність вентилятора та швидкість руху повітряного потоку. Для точного регулювання швидкості руху повітряного потоку в апараті є засувки з дистанційним керуванням. Повітря, що нагнітається вентиляторами, проходить через дифузори в повітророзподільний канал і далі направляється до ґрат із продуктом, де він нагрівається. Тепле повітря охолоджується в повітроохолоджувачі.

Повітроохолоджувач складається з восьми секцій, розташованих у ізолюваному контурі. Секції відтають водопровідною водою послідовно й незалежно одна від одної. При цьому вони автоматично ізолюються від вантажного відсіку апарата пересувними шторками, що закриваються.

Перевага: універсальність, що дозволяє заморожувати в апараті дрібноштучні та продукти великі куски продуктів, безперервність роботи, компактність.

Апарат із механічним приводом решіток (рис. 2.31) установлений на потоковій лінії заморожування гарнірної картоплі, складається з ізолюваного контуру, що підсушує, вібраційних ґрат, бункера-дозатора, ґрат механізму рівномірного розподілу продукту на стрічці, варіатора швидкостей, пристосування для миття та сушіння стрічки, повітроохолоджувача, вентиляторів.

Апарат збирається з декількох стандартних модулів. Постійними є головний і хвостовий модулі, довжина яких дорівнює 3,6 м. Кількість середніх модулів (довжина модуля складає 3 м) залежить від продуктивності апарата. Модулі легко транспортуються та збираються на місці експлуатації.

У кожному модулі є свій повітроохолоджувач і два високонапірних вентилятори. Модулі апарата збираються за допомогою болтів.

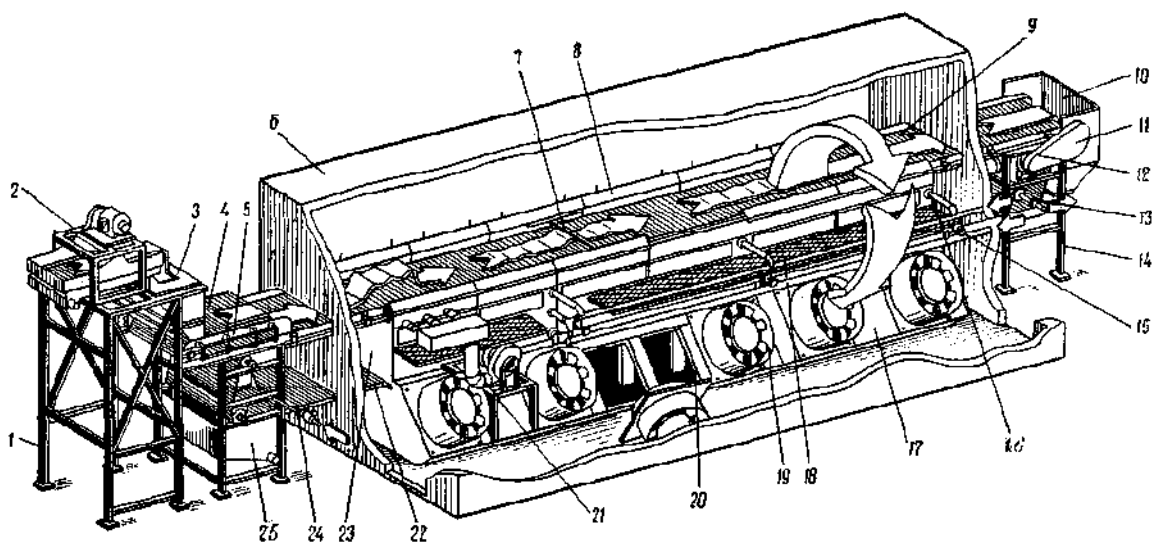


Рисунок 2.31 – Флюїдизаційний морозильний апарат із механічним приводом решіток: 1, 14 – підставка; 2 – вібраційна решітка; 3 – бункер-дозатор; 4 – решітка механізму рівномірного розподілу продукту; 5 – поворотний пристрій; 6 – ізолюваний контур; 7 – механізм рівномірного розподілу продукту; 8 – напрямні; 9 – металева сітка; 10 – бункер; 11 – стопор; 12 – вібратор; 13 – паровий трубопровід; 15 – аміачний трубопровід; 16 – водяний трубопровід; 17 – знімна кришка; 18 – сітка; 19 – вентилятор; 20 – двері; 21 відцентровий вентилятор; 22 – лінія повернення; 23 – повітроохолоджувач; 24 – пристосування для подачі води на стрічку; 25 – пристосування для сушіння стрічки

Із бункера-дозатора продукт попадає на ґрати. Через вікно завантаження, проходячи зону підсушування, продукт надходить у зону заморожування, де через щільний шар продукту продувається холодне повітря.

З апарата заморожений продукт направляється до місця розвантаження. Залежно від виду продукту апарат може оснащуватися пневматичним, плитковим чи шнековим транспортером розвантаження, що направляє заморожений продукт на фасування, упакування і на збереження.

Послідовне відтавання секцій повітроохолоджувача, розташованих у ізолюваному контурі, створює умови для безупинної роботи.

Апарат компактний, простий у монтажі й експлуатації, дозволяє швидко заморожувати продукти, легко вписується в технологічні лінії виробництва готових продуктів і напівфабрикатів.

В апаратах із проміжним середовищем, що складається з манної крупи, солі й цукру, можна заморожувати великі шматки м'яса, другі блюда, томати, абрикоси, дині, курчат.

Апарат (рис. 2.32) складається з ізолюваного контуру, сітчастого транспортера, спеціальних вікон (шлюзів) для завантаження й розвантаження продуктів, відцентрових вентиляторів, гладкотрубної змійовикової батареї й повітроохолоджувачів.

Через вікно завантаження продукт попадає на сітчастий транспортер. Проходячи через проміжне середовище, зважене в повітрі (висота

флюїдизаційного шару 400...500 мм), продукт швидко заморожується й через вікно розвантаження видаляється з апарата. Якщо продукт не упакований, то він направляється для розфасування й упаковання.

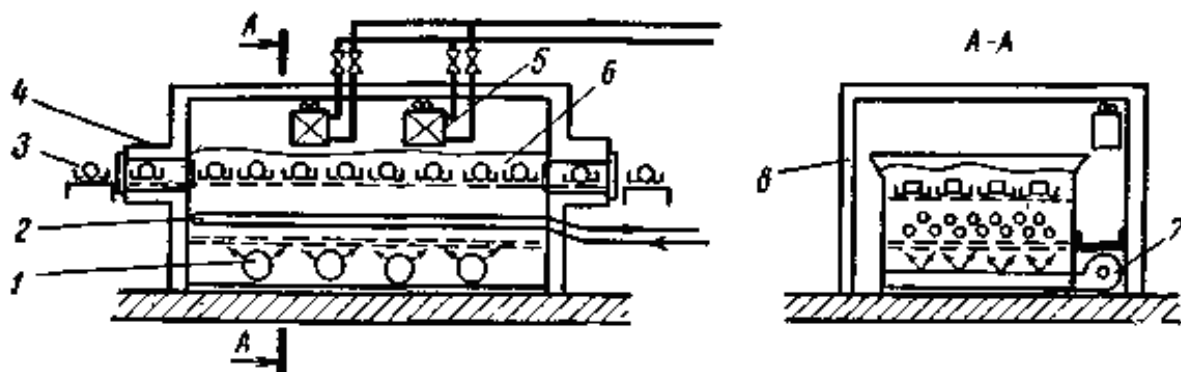


Рисунок 2.32 – Флюїдизаційний морозильний апарат із проміжним середовищем: 1 – перфорований повітровід; 2 – гладкотрубна змієвиковна батарея; 3 – транспортери; 4 – вікна; 5 – повітроохолоджувач; 6 – проміжне середовище; 7 – відцентровий вентилятор; 8 – ізолюваний контур

Рух повітря в апараті створюється відцентровими вентиляторами, що через перфоровані повітроводи направляють його у вантажний відсік.

Охолодження проміжного середовища здійснюється гладкотрубною змієвикою батареєю, розташованою під конвеєром.

Повітроохолоджувачі, що працюють за зниженої температури кипіння холодильного агента (для цього у схемі холодильної установки можна передбачити ежектори), розташовані у верхній частині апарата. Охолодження повітря до температури нижчої, ніж температура суміші, виключає прилипання частинок до поверхні продукту та їхнє віднесення з апарата.

Апарати з проміжним середовищем універсальні, компактні, малоенергомісткі.

Технічна характеристика флюїдизаційних апаратів великої продуктивності приведена в табл. 2.11.

Таблиця 2.11 – Технічні характеристики флюїдизаційних апаратів великої продуктивності

Параметр	Флюїдизаційні морозильні апарати			
	із зрошувальним повітроохолоджувачем	із багатоярусними решітками	із механічним приводом решітки	із проміжним середовищем
1	2	3	4	5
Продуктивність, т на год	3*	1	2...8	1
Ємність, кг	600...700	240	240	200
Площа поверхні повітроохолоджувача, м ²	1800	1200	1800	800

Продовження табл. 2.11

1	2	3	4	5
Температура повітря в апараті, °С	-28	-30	-30	-30
Швидкість руху повітря в апараті, м/с	3...4	3...5	4...5	0,5...1
Кількість вентиляторів, шт.	4	8	6	4
Продуктивність вентиляторів, м³/с	40	24	24	6
Потужність електродвигунів вентиляторів, кВт	80	60	30...100	12
Тривалість заморожування, хвилин	3...5	10...20	14...30	20...30
Габаритні розміри, мм				
довжина				
ширина	5600	8450	10200	6400
висота	6500	5650	6500	4200
	4800	5600	5200	3400
Маса, кг	24000	16000	18000	8000

*продуктивність апарата вказана за зеленим горошком

2.3.4. Основи розрахунку флюїдизаційних апаратів

Розраховуючи флюїдизаційний морозильний апарат, якщо задані його продуктивність, температура повітря, а також початкова й кінцева температури продукту, необхідно визначити оптимальну швидкість повітря у вантажному відсіку апарата; коефіцієнт тепловіддачі від поверхні продукту; теплоприплив від продукту; площа ґрат і орієнтовані розміри апарата; обсяг і масу повітря, що рухається, тривалість заморожування продукту в апараті; аеродинамічний опір флюїдизаційного шару продукту й ґрат.

Оптимальну швидкість руху повітря у вантажному відсіку флюїдизаційного апарата визначають за формулою

$$w_{onm} = 2,25 + 1,95 \lg G_{ed}, \quad (2.59)$$

де w_{onm} – оптимальна швидкість руху повітря у вантажному відсіку флюїдизаційного апарата, м/с;

G_{ed} – маса одиничного продукту, г.

Для стабільної роботи флюїдизаційного апарата повинна бути виконана умова

$$w'_{kp} < w_{onm} < w''_{kp}, \quad (2.60)$$

де w'_{kp} – початкова швидкість флюїдизації, м/с;

$$w'_{kp} = \frac{v_{\epsilon}}{d_{\gamma}} \cdot \frac{Ar}{1400 + 5,22\sqrt{Ar}}, \quad (2.61)$$

де Ar – критерій Архімеда;

$$Ar = \frac{gd_{\epsilon}\rho_{np}}{v_{\epsilon}^2\rho_{\epsilon}}, \quad (2.62)$$

де g – прискорення вільного падіння, м/с²;

ρ – густина продукту, кг/м³;

w''_{kp} – критична швидкість флюїдизації, або швидкість, за якої можливе віднесення частинок продукту із шару, м/с;

$$w''_{kp} = \frac{v_{\epsilon}}{d_{\gamma}} \cdot \frac{Ar}{18 + 0,6\sqrt{Ar}}. \quad (2.63)$$

Якщо в апараті передбачається заморожування продуктів і у щільному шарі, то швидкість руху повітря у вантажному відсіку апарата звичайно приймають рівною оптимальній швидкості флюїдизації, тобто w_{onm} .

Коефіцієнт тепловіддачі від поверхні продукту знаходять за формулою

$$\alpha = 0,62 \frac{\lambda}{d_{\gamma}^{0,5}} \cdot \frac{w_{onm}^{0,5}}{v_{\epsilon}^{0,5}}. \quad (2.64)$$

Теплоприплив від продукту складе

$$Q_2 = G'q_3. \quad (2.65)$$

Площу ґрат можна знайти за формулою

$$F_p = \frac{Q_2}{w_{onm}\rho_{\epsilon}c_{\epsilon}\Delta t_{\epsilon}}, \quad (2.66)$$

де F_p – площа ґрат, м²;

Δt_{ϵ} – температура нагрівання повітря у флюїдизаційному шарі (1...3°C).

За конструктивними та компоновочними міркуваннями апарат бажано проектувати для заморожування як у флюїдизаційному, так і у щільному шарах.

З цією метою ґрати можна виконати в вигляді стрічки транспортера

$$F_p = L_p B_p, \quad (2.67)$$

де L_p , B_p – довжина та ширина ґрат, м.

Висоту нерухомого шару продукту на ґратах H_0 приймають орієнтовно 0,04...0,06 м.

Кількість продукту, завантаженого на ґрати апарата, визначають за формулою

$$G_{np} = F_p H_0 \rho_{np}, \quad (2.68)$$

де G_{np} – кількість продукту, завантаженого на ґрати апарата, кг.

Обсяг повітря, що рухається, складе

$$V_{\epsilon} = F_p w_{onm}. \quad (2.69)$$

Масу повітря, що рухається, розраховують за рівнянням

$$G_{\epsilon} = V_{\epsilon} \rho_{\epsilon}. \quad (2.70)$$

Тепло, що відводиться від продукту повітрям, знаходять за формулою

$$Q_{\epsilon} = G_{\epsilon} c_{\epsilon} \Delta t_{\epsilon}, \quad (2.71)$$

де Q_{ϵ} – тепло, що відводиться від продукту повітрям, Вт.

Під час розрахунку флюїдизаційного апарата повинна бути виконана рівність

$$Q_2 = Q_{\epsilon} = Q_{np}, \quad (2.72)$$

де Q_{np} – тепло, що відводиться повітрям від площі поверхні продукту, що перебуває на ґратах, Вт;

$$Q_{np} = \alpha F_{np} \Delta t_m, \quad (2.73)$$

де F_{np} – площа поверхні сферичних частинок, що перебувають у флюїдизаційному шарі, м²;

$$F_{np} = \frac{6G_{np}}{\rho d_p}. \quad (2.74)$$

Якщо $Q_2 \neq Q_{\epsilon}$, то варто змінити Δt_m так, щоб розбіжність не перевищувала $\pm 10\%$.

Якщо ж тепло, що відводиться повітрям від площі поверхні продукту, що перебуває на ґратах, значно менше, ніж це потрібно за тепловим балансом, то необхідно збільшити Q_{np} .

Оскільки коефіцієнт тепловіддачі від частки продукту, що заморожується, до повітря визначається оптимальною швидкістю флюїдизації, а температурний перепад – оптимальним нагріванням повітря в шарі Δt_{θ} , тепло, що відводиться від площі поверхні продукту, можна збільшити за рахунок збільшення площі поверхні продукту, а отже, і маси продукту, що перебуває на ґратах.

Тоді

$$F'_{np} = \frac{Q_2}{\alpha \cdot \Delta t_m}, \quad (2.75)$$

де F_{np} – площа поверхні продукту, що перебуває на ґратах, м²;

Кількість продукту, що перебуває на ґратах, кг

$$G'_{np} = \frac{F'_{np} \rho d_{\vartheta}}{6}. \quad (2.76)$$

Висоту шару продукту визначають за формулою

$$H'_0 = \frac{G'_{np}}{\rho_{np} F_p}, \quad (2.77)$$

де H'_0 – висота шару продукту, м.

Дійсну температуру повітря на виході із шару продукту, що заморожується, знаходять зі співвідношення

$$t'_{\theta_2} = t_k + (t_{\theta_1} - t_k) e^{-n}, \quad (2.78)$$

де t'_{θ_2} – дійсна температура повітря на виході із шару продукту, що заморожується, °С;

t_{θ_1} – температура повітря, що входить у флюїдизаційний шар, °С;

$$n = \frac{\alpha_{np} F'_{np}}{G'_{np} c_{np}}, \quad (2.79)$$

де c_{np} – питома теплоємність продукту, Дж/(кг·К).

Тривалість заморожування продуктів сферичної форми визначають із виразу

$$\tau = \frac{q_z \rho_{np} d_{\vartheta}}{6(t_{kp} - t_c)} \left(\frac{d_{\vartheta}}{4\lambda_m} + \frac{1}{\alpha} \right), \quad (2.80)$$

де λ_m – теплопровідність замороженого продукту, Вт/(м·К).

Ємність апарата знаходиться за формулою (2.81)

$$G = G' \tau. \quad (2.81)$$

Якщо маса продукту, знайдена з умов теплового балансу, $G' > G$, то очевидно, що саме ця маса й буде визначати ємність флюїдизаційного апарата. За необхідності уточнюються параметри роботи флюїдизаційного апарата, якщо t'_{e2} значно відрізняється від t_{e2} .

Дійсну швидкість у вантажному відсіку апарата, що повинна бути менше $w''_{кр}$, визначають за формулою

$$w_{opt.0} = \frac{Q_2}{F_e \rho_e c_e (t'_{e2} - t_{e1})}, \text{ м/с.} \quad (2.82)$$

Дійсний критерій Рейнольдса розраховують за рівнянням

$$Re = \frac{w_{opt.0} d_3}{\nu}. \quad (2.83)$$

Пористість флюїдизаційного шару знаходять із залежності

$$\varepsilon = \left(\frac{18 Re_d + 0,36 Re_d^2}{Ar} \right)^{0,21}. \quad (2.84)$$

Для характеристики флюїдизаційного шару необхідно знати його висоту

$$H_\phi = H_0 \frac{1 - \varepsilon_0}{1 - \varepsilon}, \quad (2.85)$$

де H_ϕ – висота флюїдизаційного шару, м;
 $\varepsilon_0 = 1 - (\rho_n / \rho_{np})$ – пористість нерухливого шару;
 ρ_n – насипна щільність продукту, що заморожується, кг/м³.

Аеродинамічний опір флюїдизаційного шару знаходиться із залежності

$$\Delta p_{cl} = 1,67 \left(Re \frac{H}{d_3} \right)^{0,2} \frac{G'_{np}}{F_p}, \quad (2.86)$$

де Δp_{cl} – аеродинамічний опір флюїдизаційного шару, Па.

Надалі проводиться тепловий розрахунок апарата, знаходиться площа теплопередавальної поверхні повітроохолоджувача, визначається сумарний аеродинамічний опір циркуляційного кільця, проводиться підбір вентиляторів із уточненням теплового навантаження на повітроохолоджувач і за необхідності коректується площа його теплопередавальної поверхні.

2.4. Апарати безконтактного заморожування харчових продуктів

Апарати безконтактного заморожування призначені для заморожування блокових і дрібноштучних продуктів як упакованих у тару, так і неупакованих.

Такі апарати компактні, мають кращі показники порівняно з повітряними морозильними апаратами.

До апаратів із безконтактним заморожуванням відносять плиткові та апарати для заморожування упакованих продуктів рідкими холодоносіями.

2.4.1. Плиткові апарати (рис. 2.33) призначені для заморожування різних харчових продуктів у блоках: м'яса, субпродуктів, промислових риб, рибного філе і фаршу, сиру в блоках і брикетах дрібного розфасування, овочевих і фруктових пюре.



Рисунок 2.33 – Загальний вигляд плиткового морозильного апарата

Продукти, заморожені в плиткових морозильних апаратах, мають правильну форму і легко упаковуються. Під час їх транспортування і зберігання ефективно використовується вантажний обсяг транспортних засобів і камер схову стаціонарних холодильників.

У плиткових морозильних апаратах упакований або неупакований продукт заморожується, знаходячись у контакті з рухливими морозильними плитами чи плитами з обертовими барабанами. Морозильні плити, які переміщуються за допомогою гідравлічного чи електричного приводу, а також енергії рідини, щільно (з тиском 10...100 кПа) притискаються до продукту, що забезпечує формування й підпресування продукту, його гарний контакт із поверхнею морозильних плит. Плити й барабани апарата охолоджуються киплячим холодильним агентом (випарна система) чи холодоносієм, охолодженим у випарнику. У випарну систему плиткового морозильного апарата холодильний агент може подаватися під різницею тисків конденсації і кипіння чи циркуляційними насосами.

Апарати можуть обслуговуватися індивідуальними чи центральними холодильними установками. Відсутність проміжного повітряного середовища в плиткових морозильних апаратах дозволяє зменшити перепад температур і інтенсифікувати теплообмін між продуктом, що заморожується, і холодильним агентом (холодоносієм), а також відмовитися від громіздких і металомістких повітроохолоджувачів і енергоємних вентиляторів. Тому плиткові морозильні апарати інтенсивні, компактні й економічні. Порівняно з повітряними морозильними апаратами знімання замороженого продукту з 1 м² площі підлоги, займаної плитковими морозильними апаратами, приблизно в 1,5...2 рази більше, а енергетичні витрати й маса цих апаратів на 30...40% менші.

Залежно від розташування морозильних плит і їхньої конструкції апарати бувають **горизонтально-плиткові** (з горизонтальним розташуванням плит), **вертикально-плиткові** (з вертикальним розташуванням плит), **роторні** (з радіальним розташуванням плит), а також **барабанного типу**.

Горизонтально-плиткові апарати

Ці апарати застосовують для заморожування філе. Продукт, що знаходиться між плитами, заморожується в листах (рис. 2.34). Більшість горизонтально-плиткових морозильних апаратів – пристрої періодичної дії з ручним і механізованим завантаженням і вивантаженням продукту. Деякі апарати виконуються з періодичним переміщенням блок-форм із продуктом морозильними плитами. Горизонтально-плиткові морозильні апарати випускаються з кількістю плит від 6 до 21 шт.

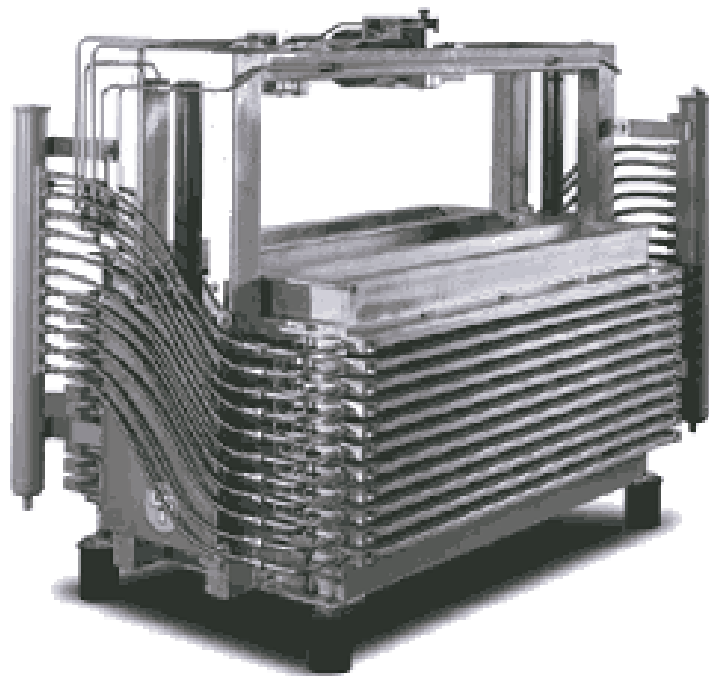


Рисунок 2.34 – Вигляд горизонтально-плиткового апарата без теплоізованого контуру

Горизонтально-плиткові морозильні апарати складаються з ізованого контуру (шафи), дверей, рами, (каркаса), морозильних плит, гідравлічного чи

механічного приводу, призначеного для переміщення морозильних плит. Привід може розміщатися у верхній чи в нижній частині апарата. У деяких випадках гідравлічний привід (гідравлічні циліндри) розміщують збоку (поруч із морозильними плитами), що дозволяє виконувати апарат компактним. Тиск підпресування на продукт підтримується постійним за допомогою спеціального клапана, що автоматично пропускає мастило з гідравлічних циліндрів у ємність. Такий клапан не допускає збільшення тиску на продукт при зростанні його обсягу в процесі заморожування.

Горизонтально-плитковий апарат із ручним завантаженням і вивантаженням продукту (рис. 2.35) складається з ізолюваного контуру, морозильних плит, знімних щитів, двошарової штори, гідравлічних циліндрів, призначених для переміщення морозильних плит, і вертикальних колекторів, потрібних для подачі рідкого холодильного агента в плити й відведення парорідинної суміші з них.

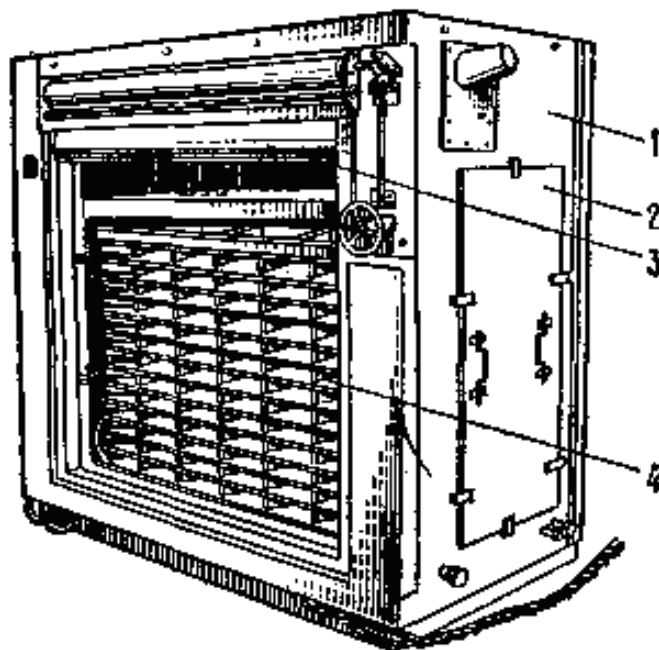


Рисунок 2.35 – Горизонтально-плитковий апарат із ручним завантаженням та вивантаженням продукту: 1 – ізолюваний контур; 2 – щити, які знімаються; 3 – двошарова штора; 4 – морозильна плита

В апараті розміщено 14 морозильних плит (розміром 1715×875 мм), відстань між якими може змінюватись від 60 до 100 мм. У внутрішніх каналах морозильних плит циркулює холодильний агент, що підводиться від вертикальних колекторів за допомогою сильфонних металорукавів. До вертикального колектора апарата холодильний агент направляється з ресивера циркуляційним насосом.

Знімні щити призначені для огляду й ремонту окремих вузлів апарата (сильфонних металорукавів, обмежувальних болтів, що фіксують відстань між морозильними плитами, та ін.).

Ізолюваний контур закритий двошаровою шторою, один край якої жорстко прикріплений до апарата, а інший з'єднаний із барабаном ручного приводу

підйому штори. Між шарами штори вільно покладений натяжний порожній валик, що забезпечує рівномірний натяг штори й постійний повітряний зазор між її шарами.

Поршні гідравлічних циліндрів, зв'язані з траверсою, передають зусилля морозильним плитам через завантажувальну раму зі сферичним шарніром.

Продукт, що підлягає заморожуванню, укладається на листи, які вручну встановлюють на морозильні плити апарата. Після заморожування продукту листи вручну витягаються з апарата, щоб видалити заморожені блоки.

Переваги: компактність, інтенсивність процесу заморожування, гарне рівномірне підпресування блоків із продуктом.

Недоліки: необхідність застосування ручної праці під час завантаження й вивантаження листів із продуктом.

Горизонтально-плитковий морозильний апарат із рухливими морозильними плитами показаний на рисунку 2.36.

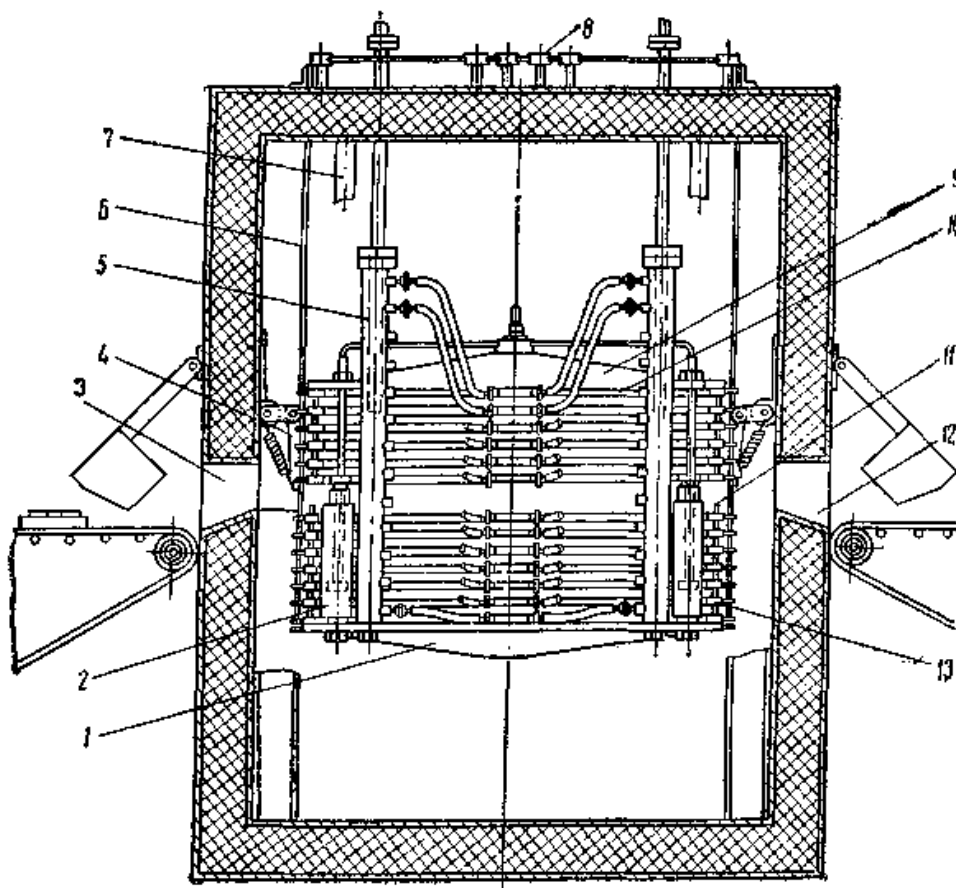


Рисунок 2.36 – Горизонтально-плитковий апарат із рухомими морозильними плитами: 1 – нижня площадка; 2 – гідравлічний циліндр; 3 – розвантажувальна щілина; 4 – гачок; 5 – рідинний манометр; 6 – трос; 7 – упор; 8 – пристрій для піднімання та опускання плит; 9 – верхня площадка; 10 – морозильна плита; 11 – змінний обмежувальний штифт; 12 – завантажувальна щілина; 13 – змінні обмежувальні штифти

Відмінною рисою апарата є те, що його завантаження а коробками з продуктом і розвантаження плит проводиться постійно, що робить можливим

поєднання вантажно-розвантажувальних операцій за часом і їх виконання за допомогою транспортерів. Крім того, в апараті відсутні двері ізолюваного контуру, що відкриваються на всю висоту морозильних плит. Коробки з продуктом надходять і видаляються через вузькі щілини, що значно скорочує надходження тепла й вологи у вантажний відсік. Апарат складається з декількох морозильних плит і чотирьох гідравлічних циліндрів, розташованих між верхньою та нижньою площадками.

Для переміщення морозильних плит нагору чи униз використовують троси, які закріплені по кутах площадок болтами. Гідравлічні циліндри закріплені на нижній площадці, а їхні штоки – на верхній. Штоки для подачі мастила в гідравлічний циліндр виконані порожніми.

На нижній площадці встановлені рідинний і паровий колектори, з'єднані гнучкими шлангами з морозильними плитами. До холодильної установки колектор приєднується за допомогою труби, що проходить через кришку ізолюваного контуру апарата.

Для завантаження апарата продуктом на рівні однієї з щілин в ізолюваному контурі змонтований завантажувальний транспортер. В іншій щілині знаходиться розвантажувальний транспортер.

Залежно від висоти коробок із продуктом, що заморожується, відстань між морозильними плитами може регулюватися за допомогою змінних обмежувальних штифтів.

У гідравлічний циліндр під тиском подається мастило. За допомогою штоків і тросів морозильні плити піднімаються нагору, доти верхня площадка не торкнеться упорів. При цьому нижня площадка розташовується трохи вище щілин. Валики повертають важелі, і гачки захоплюють першу (нижню) морозильну плиту.

Тиск мастила в гідравлічних циліндрах зменшується, і під дією ваги плит конструкція опускається вниз, повисаючи на гачках. Коли перша морозильна плита буде на рівні нижньої крайки щілин, завантажувальний транспортер подає коробки, що заповнюють першу морозильну плиту. Після закінчення завантаження валик повертається, збільшуючи кут між важелями й гачками, і друга морозильна плита опускається на коробки з продуктом. У цей момент пружина відводить гачок від морозильної плити, а нижня й верхня площадки зближуються, підпресовуючи продукт, що знаходиться в коробках.

Тиск мастила в гідравлічних циліндрах знову зменшується, і плити опускаються так, що при повороті валика вже третя морозильна плита повисає на гачках, а друга опускається до рівня завантаження. У такий спосіб завантажуються всі морозильні плити апарата. Коли апарат завантажений коробками з продуктом, морозильні плити знову за допомогою штоків і тросів піднімаються нагору до упору. За зворотного руху плит коробки із замороженим продуктом видаляють і завантажують їх новою партією.

Переваги: заморожування продукту починається відразу ж після його надходження на морозильну плиту, а розташування розвантажувальної й завантажувальної щілин на одному рівні дозволяє механізувати вантажно-

розвантажувальні операції; відсутність дверей, скорочує тепло- і вологоприпливи у вантажний відсік апарата.

Горизонтально-плитковий апарат із періодичним переміщенням блок-форм із продуктом (рис. 2.37) складається з ізолюваного контуру, гідравлічних циліндрів, транспортера завантаження, автоматичних дозуючих ваг, піднімального ліфта, автоматичного штовхальника.

Стінки ізолюваного контуру обшиті листами з нержавіючої сталі. В ізолюваному контурі для зручності обслуговування є двері з ущільненими прокладками.

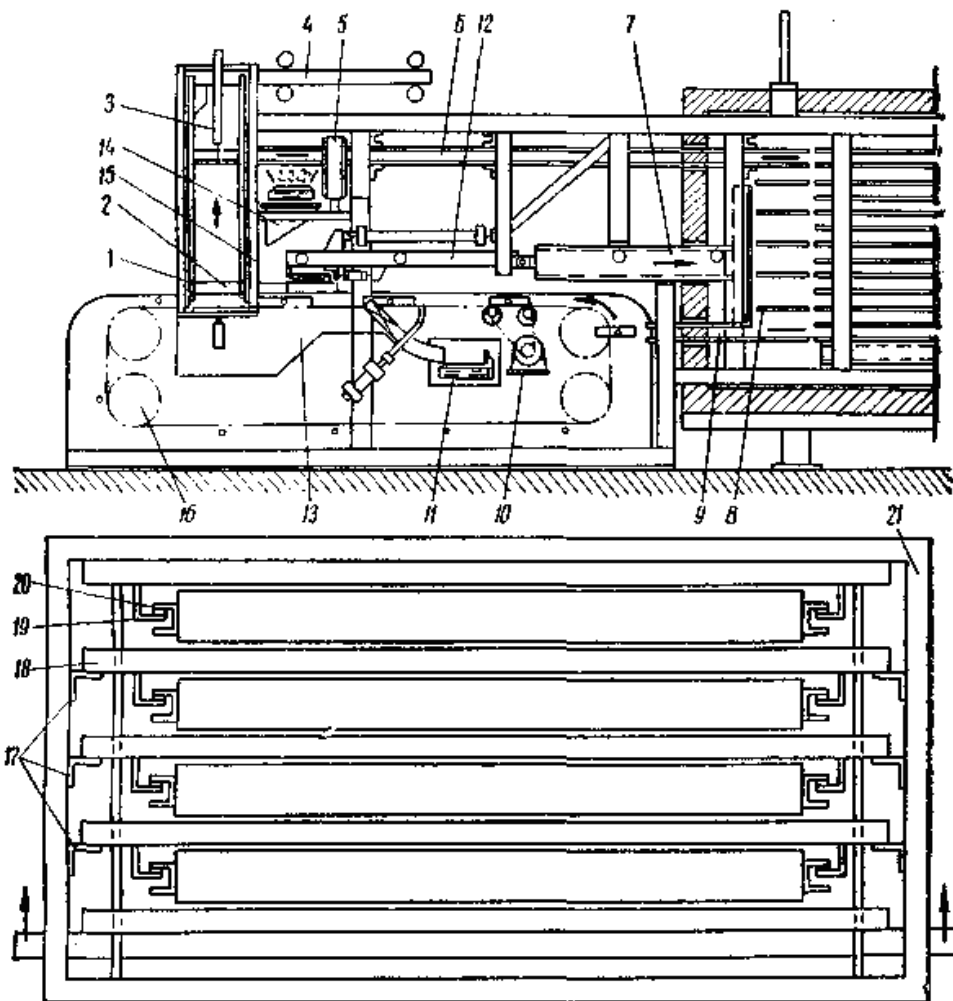


Рисунок 2.37 – Горизонтально-плитковий апарат із періодичним переміщенням блок-форм з продуктом: 1 – транспортер завантаження; 2 – блок-форма; 3 – підйомний ліфт; 4, 15 – автоматичні штовхачі; 5 – автоматичні ваги для дозування; 6 – осушувальні плити; 7 – штовхаючі пристрої; 8 – гідравлічні ліфти; 9 – плити для відтаювання; 10 – вібропристрій; 11 – приймальний транспортер; 12 – автоматичний пристрій для упакованого продукту в блок-форму; 13 – пристрій для миття; 14 – жолоб; 16 – пристрій для переміщення блок-форми до місця розвантаження; 17 – опори для морозильних плит; 18 – морозильні плити; 19 – рейки; 20 – ролики блок-форми; 21 – ізолюваний контур

Апарат має три гідравлічних циліндри подвійної дії. Два з них призначені для автоматичного підйому й опускання морозильних плит, а третій служить приводом завантажувального механізму. Послідовність роботи гідравлічних циліндрів здійснюється за допомогою соленоїдних клапанів. Імпульс на їх спрацьовування подається кінцевими мікрореле.

Продукт за допомогою транспортера подається на автоматичні дозуючі ваги, а потім у блок-форми, що можуть бути з кришками і без них. Якщо продукт упакований, то він, минаючи автоматичні дозуючі ваги, за допомогою автоматичного пристрою й механізму, який призначений для проштовхування, відразу ж укладається в блок-форми. Заповнена блок-форма за допомогою ліфта піднімається на рівень верхніх напрямних. На шляху руху блок-форми з продуктом знаходяться плити для осушування. Коли блок-форми зафіксовані в положенні завантаження, чутливий елемент подає сигнал, і автоматичний штовхальник пересуває блок-форму в проріз між верхніми морозильними плитами. Завантаження апарата блок-формами продовжується, поки проріз не буде цілком заповнений.

Після кожного циклу переміщення блок-форм морозильні плити опускаються за допомогою піднімальних траверс. Морозильні плити встановлюються на опори таким чином, щоб положення кожної було точно зафіксовано. До нижніх стінок морозильних плит приварені рейки, якими на роликах переміщається блок-форма.

Під час переміщення блок-форми не стикаються з морозильними плитами. Після кожного циклу переміщення піднімальна траверса рухається нагору, поки морозильні плити щільно не притиснуться до блок-форм. Контакт між морозильними плитами і блок-формами зберігається до наступного циклу.

Переміщення блок-форми з одного ряду морозильних плит на інший здійснюється за допомогою гідравлічних ліфтів, що опускаються, а подовжній рух блок-форм із продуктом рейками – за допомогою пристроїв, що штовхають. Таким чином, блок-форма з продуктом робить зигзагоподібний шлях зверху вниз.

Після заморожування продукту блок-форми направляються до плит для відтавання, натягу за допомогою спеціального пристрою блок-форма подається до місця розвантаження. При цьому вона повертається на 180°, і блок замороженого продукту випадає з неї на прийомний транспортер. Потім порожня блок-форма надходить до мийного пристрою й повертається до місця завантаження.

Морозильний апарат має електронний регулюючий пристрій, що керує всією роботою.

Переваги: повна механізація й автоматизація апарата.

Недоліки: чітка робота усіх вузлів вимагає застосування великої кількості автоматичних засобів, що ускладнює експлуатацію й знижує надійність роботи.

Горизонтально-плитковий апарат стаціонарного типу з механізованим завантаженням і вивантаженням продукту, призначений для заморожування продуктів у дрібній розфасовці (у коробках, пакетах) чи блокових продуктів (рис. 2.38), складається з ізольованого контуру,

морозильних плит, гідравлічних приводів, шлангів для подачі холодильного агента, мікроелектроніки, автоматичних штовхальників, захвату й соленоїдних клапанів. Стінки ізолюваного контуру морозильного апарата обшиті листами з нержавіючої сталі. В ізолюваному контурі є дев'ять дверей із прокладками.

Упакований продукт транспортером переміщається до місця завантаження. Коли в місці завантаження нагромадиться кілька пакетів, чутливий елемент подає сигнал. При цьому автоматичний штовхальник пересуває ці пакети в проріз між верхніми морозильними плитами апарата. Морозильні плити завантажують, поки проріз між ними не буде цілком заповнений пакетами. Потім морозильні плити апарата автоматично піднімаються, відкриваючи проріз між наступними морозильними плитами для їхнього завантаження продуктом.

Коли весь апарат заповниться продуктом, морозильні плити стискаються і знаходяться в такому стані, поки не закінчиться процес заморожування продукту. Потім знову апарат завантажується, а заморожені пакети виштовхуються з протилежної сторони.

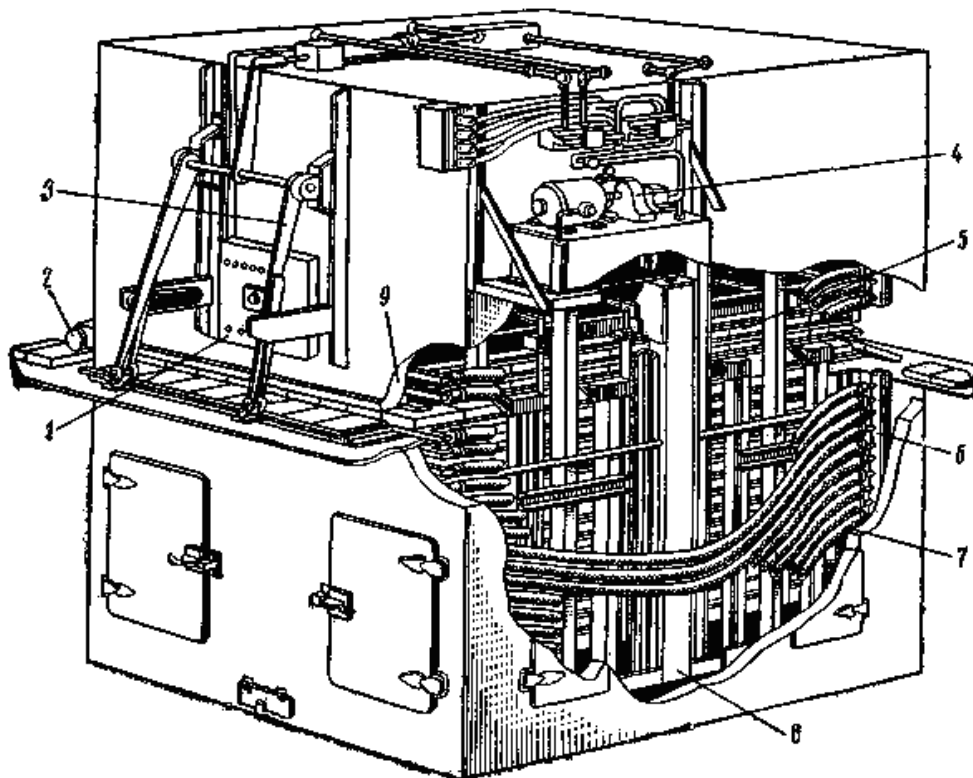


Рисунок 2.38 – Горизонтально-плитковий апарат стаціонарного типу з механізованим завантаженням та вивантаженням продукту: 1 – електронний регулювальний щит; 2 – чутливий елемент; 3 – автоматичний штовхач; 4 – гідравлічний насос; 5 – морозильні плити; 6 – колектор; 7 – шланги для подачі холодильного агента; 8 – гідравлічний підйомний циліндр; 9 – ізолюваний контур

Апарат обладнаний електронним регулюючим щитом, що керує всією роботою.

Переваги: компактність, універсальність, гігієнічність, надійність у роботі, зручність обслуговування та простота експлуатації.

Недоліки: великі надходження тепла й вологи через вікна завантаження й вивантаження, періодичні зупинки для зняття з поверхні морозильних плит снігової шуби.

Горизонтально-плитковий апарат із бічним розташуванням гідравлічних циліндрів показаний на рисунку 2.39.

Морозильні плити апарата, виконані зі стійкого до корозії алюмінієвого сплаву, змонтовані на спеціальній рамі. Рівномірний розподіл холодильного агента по морозильних плитах здійснюється за допомогою живильних гнучких шлангів і спеціальних розподільників. Під час зупинки компресора, що обслуговує апарат, спрацьовує зблокований із магнітним пускачем соленоїдний клапан, установлений перед терморегулювальним клапаном, і подача холодильного агента в апарат автоматично припиняється.

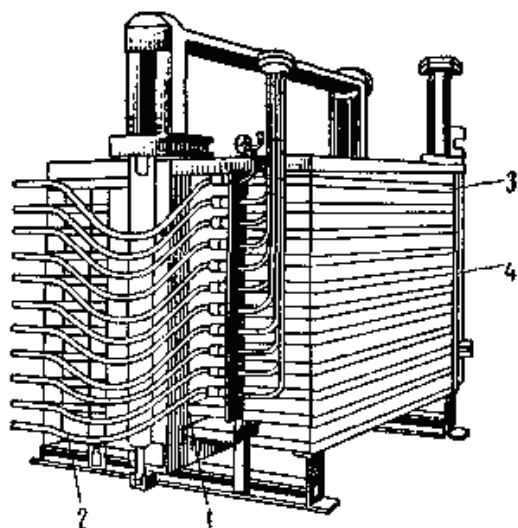


Рисунок 2.39 – Горизонтально-плитковий апарат із боковим розташуванням гідравлічних циліндрів: 1 – гідравлічний циліндр; 2 – гнучкий шланг для живлення; 3 – морозильна плита; 4 – рама

Переміщення морозильних плит по вертикалі здійснюється бічними гідравлічними циліндрами, мастило в які подається за допомогою насоса, розташованого в нижній частині апарата. Необхідний для заморожування морозильних плит тиск на продукт здійснюється автоматично пневмопристроєм, що включає чи виключає насос.

В апаратах продукти заморожуються у вигляді блоків, упакованих у поліетиленову плівку.

Рідкий холодильний агент у морозильні плити апарата може подаватися як насосом, так і під різницею тисків конденсації та кипіння. Якщо рідкий холодильний агент подається під різницею тисків, то над апаратом монтується віддільник рідини.

Переваги: компактність.

Недоліки: відсутність механізованого завантаження й вивантаження вантажного відсіку.

Технічна характеристика горизонтально-плиткових апаратів приведена в табл. 2.12.

Таблиця 2.12 – Технічні характеристики горизонтально-плиткових апаратів

Показники	Горизонтально-плиткові апарати				
	із ручним завантаженням та вивантаженням продукту	із рухомими морозильними плитами	із періодичним переміщенням морозильних плит	стаціонарного типу з механізованим завантаженням та вивантаженням	із боковим розташуванням гідравлічних циліндрів
Продуктивність, т на добу	6	6	50	40	5...7
Ємність, кг	780	600	2500	600	400
Кількість морозильних плит, шт.	14	13	5	10	11
Робочий тиск в гідросистемі, МПа	5...9	-	5...6	5	5
Температура кипіння холодильного агента, °С	-40	-40	-40	-40	-30...-40
Кінцева температура в центрі блока, °С	-23	-20	-23	-20	-18...-23
Тривалість заморожування, хвилин	150	150	100...120	-	100...120
Тиск підпресування, кПа	1...3	1...3	-	-	1...3
Габаритні розміри, мм					
довжина	1390	1400	18400	3500	1400
ширина	2545	2100	3760	2800	2200
висота	2204	2800	1800	3600	1930
Маса, кг	4673	3400	28000	5800	3800

Вертикально-плиткові апарати

Продукти, що заморожуються у вертикально-плиткових апаратах, завантажуються спеціальним дозуючим транспортером у простір між плитами. Окремі шматки продуктів займають довільне положення, а тому заморожені блоки мають погіршений товарний вигляд і повітряні прошарки. Погане укладання продуктів приводить до зменшення їх контакту з морозильними плитами, що подовжує тривалість заморожування блока.

Вертикально-плитковий апарат (рис. 2.40) складається з рами, вертикальних морозильних плит, їхнього привода, а також вузла розвантаження. Звичайно у вертикально-плиткових апаратів відсутній ізолюваний контур, що збільшує теплове навантаження на холодильне обладнання, що обслуговує такі апарати.



Рисунок 2.40 – Вертикально-плитковий апарат (загальний вигляд)

Вертикально-плиткові апарати бувають із нижнім, верхнім чи бічним вивантаженням. За нижнього вивантаження апарат обладнується платформою, що відсувається, чи стулчастим дном, що розкривається, за верхнього – пластинами, що піднімаються, а за бічного – стінкою, що відкривається. На рис. 2.41 зображено вертикальний-плитковий апарат (з бічним вивантаженням) в положенні для вивантаження.



Рисунок 2.41 – Вертикально-плитковий апарат у положенні для вивантаження

У вертикально-плиткових апаратах морозильні плити можуть переміщатися гідравлічним приводом. Конструктивно вертикально-плиткові апарати можуть виконуватися з усіма рухливими чи з нерухомими і рухливими морозильними плитами.

Вертикально-плитковий апарат із рухливими плитами представлений на рис. 2.42. На рамі апарата монтуються вертикальні морозильні плити, охолоджувані холодильним агентом, що подається до морозильних плит і відводиться від них за допомогою гнучких шлангів. Після завантаження продукту в апарат морозильні плити зрушуються на визначену відстань, що фіксується касетами, заздалегідь установленими між плитами. Ця відстань і визначає товщину блока. Тиск продукту, що заморожується, на морозильні плити компенсується гідравлічним пристроєм.

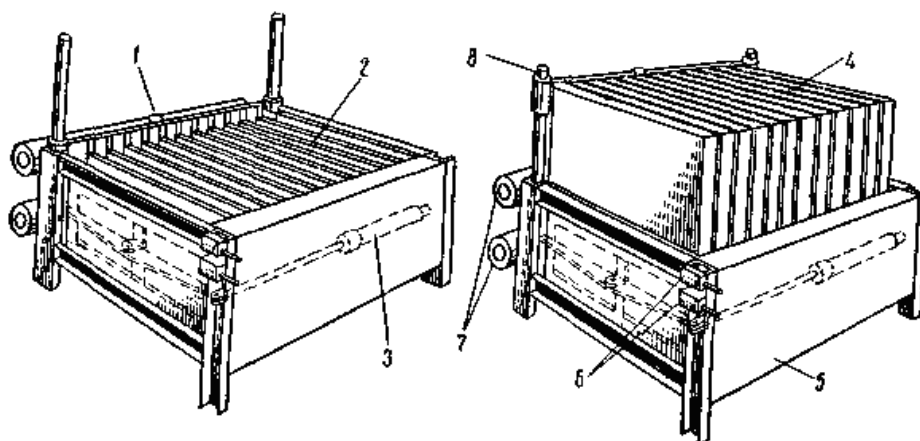


Рисунок 2.42 – Вертикально-плитковий апарат із рухомими плитами:
 1 – стальна рама; 2 – вертикальні морозильні плити; 3 – гідравлічні циліндри;
 4 – блоки, які заморожуються; 5 – бокові стінки; 6 – прибори управління гідравлічним приводом; 7 – колектори холодильного агента; 8 – вертикальні напрямні

Кілька таких апаратів обслуговується спеціальними розвантажувальними візками, що мають перегородки за кількістю заморожених блоків в апараті. Після відтавання заморожених блоків морозильні плити розсовуються, і підталі блоки випадають на розвантажувальний візок, на якому вони і транспортуються в камеру зберігання.

2.4.2. Роторні апарати

Морозильні апарати з радіальним розташуванням плит одержали назву роторних. У них удало сполучаються переваги повітряних і плиткових морозильних апаратів: процес заморожування безупинний, завантаження й вивантаження механізовані, заморожування інтенсивне, блоки добре підпресовані.

Роторні морозильні апарати призначені для заморожування харчових продуктів, упакованих у тару (жилового м'яса, субпродуктів, промислових риб, рибного філе і фаршу, сиру в блоках і брикетах у дрібній розфасовці, а також овочів, фруктів та інших продуктів у виді блока). Під час заморожування продукт знаходиться в безпосередньому контакті з морозильними плитами, що з'єднані в секції, укріплені на валу ротора. Таке розташування секцій дозволяє встановлювати їх у будь-якій позиції, а також механізувати й автоматизувати завантаження й вивантаження продуктів за безперервності заморожування.

У роторних морозильних апаратах продукт заморожується в касетах, розрахованих на кілька блоків. Упаковані продукти не примерзають до касет і плит, що виключає відтавання блоків під час їхнього вивантаження з апарата.

Залежно від продуктивності апарата ротор збирають із самостійних секцій, що дозволяє завантажувати й розвантажувати одну із секцій, у той час як у інших процес заморожування продовжується. Вал ротора призначений для кріплення секцій, приведення їх у рух і є одним з основних вузлів апарата. Вал ротора виконаний пустотілим і використовується для подачі й відведення холодильного агента чи холодоносія в морозильні плити. Внутрішня порожнина вала розділена заглушкою на праву і ліву частини. У праву частину подається холодильний агент, а з лівої він відводиться. У торцях вала встановлені сальники для ущільнення системи.

Роторні морозильні апарати (МАР), що складаються з 23 автономних двоплиточних секцій, призначені для заморожування риби. Морозильні секції перших роторних апаратів типу МАР були виготовлені з нержавіючої сталі і охолоджувалися холодоносієм. У новіших конструкціях цих апаратів морозильні секції були переведені на безпосереднє охолодження киплячим аміаком, що дозволило інтенсифікувати процес заморожування блоків і скоротити тривалість їхньої холодильної обробки порівняно з апаратами, плити яких охолоджувалися холодоносієм, на 20...25%.

У морозильні секції роторних апаратів холодильний агент звичайно подається циркуляційним насосом. Застосування насосно-циркуляційного

способу подачі дозволяє підвищити коефіцієнт тепловіддачі киплячого рідкого аміаку до морозильних секцій і скоротити тривалість заморожування продуктів.

Морозильні апарати типу МАР можуть випускатися як в одинарному, так і в спареному варіанті. В одинарному варіанті кожен апарат має індивідуальну насосну станцію, транспортер вивантаження і площадку обслуговування. У спареному варіанті апарати мають одну насосну станцію, загальні транспортер вивантаження заморожених блоків і площадку обслуговування.

На базі апаратів типу МАР для заморожування м'ясних продуктів був розроблений автоматизований роторний апарат типу АРСА-10, а для заморожування риби – АРСА-3-15Р. Апарат АРСА-10 складається з 27 автономних двоплиточних секцій, які охолоджуються рідким аміаком. В апараті АРСА-3-15Р блоки риби заморожуються в автономних триплиточних секціях, застосування яких дозволило раціонально використовувати їхню охолоджувальну поверхню, тому що кількість плит у секції зросло на одну, а маса продукту, що завантажується в секцію, збільшилася в 2 рази. Продуктивність апарата зросла на 30% за незначної зміни габаритних розмірів. Морозильні секції апарата АРСА-3-15Р можуть охолоджуватися киплячим аміаком чи фреоном.

Усі роторні морозильні апарати є пристроями пульсуючої дії.

Автоматизований роторний апарат типу АРСА-3-15Р показаний на рисунку 2.43. Основними робочими елементами є радіально розташовані відносно вала триплиточні секції, у яких заморожується продукт, механізми відкривання секцій і повороту ротора, завантажувальний пристрій, механізми відтавання і зриву блоків, транспортер вивантаження блоків, кантувач і насосна станція.

Кожна секція апарата складається із середньої, верхньої та нижньої морозильних плит. Вони виготовляються зі спеціального алюмінієвого профілю. Каналами морозильних плит циркулює холодильний агент, подача якого в кожную морозильну плиту і відведення з неї проводиться через спеціальні штуцери, приварені до морозильних плит. Для рівномірної подачі холодильного агента встановлена дросельна шайба з каліброваним отвором діаметром 4 мм.

Середня морозильна плита є нерухомою відносно вала ротора і жорстко кріпиться на кронштейнах, що знаходяться на дисках вала ротора. Верхня й нижня морозильні плити притягаються до середньої пружинами, установленими з двох сторін секції. Фіксування верхньої та нижньої морозильних плит відносно середньої морозильної плити проводиться за допомогою штирів, що входять у валики, які закріплені на середній морозильній плиті. Під час роботи апарата продукт, який підлягає заморожуванню, завантажується в простір між плитами.

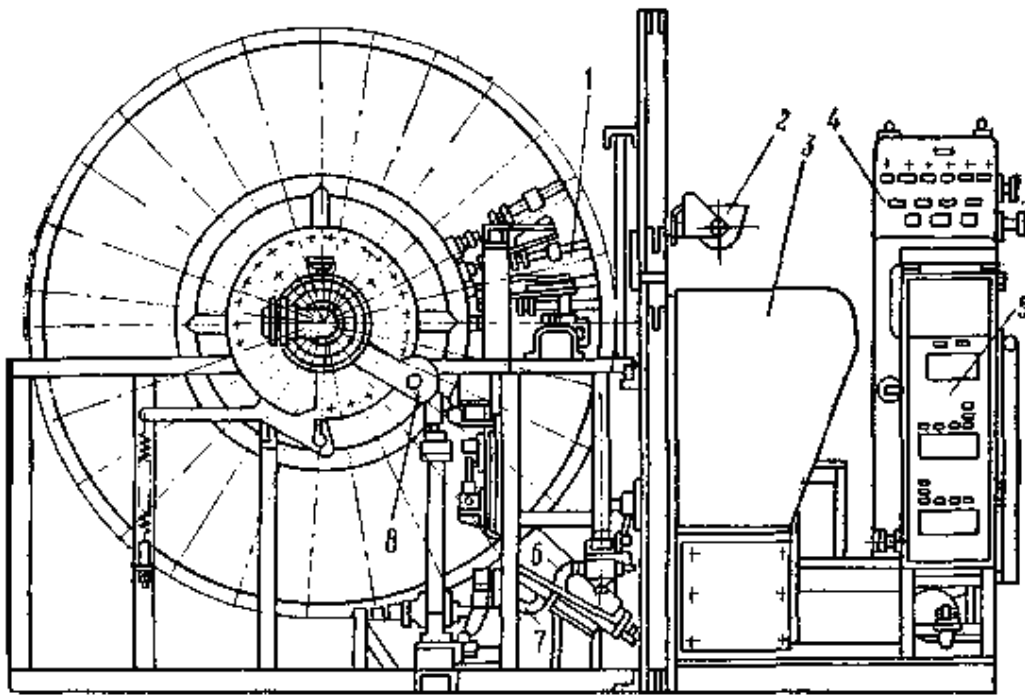


Рисунок 2.43 – Автоматизований роторний морозильний апарат типу ARCA-3-15P: 1 – механізм відкривання морозильної секції; 2 – дозуючий пристрій; 3 – завантажувальний пристрій; 4 – прилади управління електричної системи (шафа); 5 – прилади управління гідравлічною системою (шафа); 6 – транспортер вивантаження блоків; 7 – механізм зривання блоків; 8 – механізм повороту блоків

Механізм відкриття складається з валиків з кулачками. Поворот валиків здійснюється під дією штока гідравлічних циліндрів, призначених для відкриття секцій. Кулачки, закріплені на кільцях валика, передають зусилля на верхню (чи нижню) морозильну плиту через спеціальні пальці, приварені до плити і, піднімаючи (чи опускаючи) морозильну плиту, збільшують відстань між ними. Умовний прохід у момент розкриття секцій складає 100 мм. Робочі пружини секції розтягуються, що дозволяє при обтисненні блоків створити необхідний тиск на продукт для підпресовки.

Механізм повороту ротора складається з водила й диска, гідравлічного циліндра і фіксатора.

Водило за допомогою втулки насаджено на обичайку лівого колектора вала ротора. Два півкільця, вставлених у кільцевий паз склянки колектора вала і з'єднаних між собою гвинтами запобігають осьовим переміщенням поводка. До фланця лівого колектора болтовими з'єднаннями прикріплений диск, у якому є отвори (за кількістю секцій).

Рушійним елементом механізму повороту ротора є гідравлічний циліндр, хвостовик якого за допомогою пальця шарнірно закріплений між двома кронштейнами, привареними до рами апарата. На шток гідравлічного циліндра навірена вилка, зафіксована штифтом. За допомогою пальця вилка з'єднана з важелем водила. На ньому шарнірно сидить собачка, зафіксована у визначеному положенні пружиною. Під час руху штока гідравлічного циліндра нагору водило, обертаючись разом із обичайкою, повертається на валу ротора

таким чином, що собачка упирається в палець, повертає ротор апарата, установлюючи наступні секції в позицію завантаження. Під час зворотного руху штока циліндра собачка виходить із зачеплення з пальцем диска і сковзає по пальцях, які розташовані нижче, повертаючи пружиною в первісне положення. Оскільки собачка не зчіплюється з пальцем диска, ротор не обертається, залишаючись у тому положенні, у якому він виявився після повороту.

Фіксатор являє собою важіль, що сидить за допомогою втулки на пальці, який прикріплений до рами апарата. Один кінець важеля утримується пружиною, з'єднаної гвинтом і гайкою з рамою.

Завантажувальний пристрій являє собою рухомий стіл, що може переміщатися по вертикалі, забезпечуючи завантаження верхніх і нижніх секцій. Горизонтальне переміщення рухливого столу здійснюється гідравлічним приводом через рейкове зачеплення. Механізми автоматики (кінцеві вимикачі) забезпечують періодичний рух столу вперед для завантаження й назад у вихідне положення.

Механізм відсікачів утримує блоки в секції при завантаженні рухливого столу і його поверненні у вихідне положення. Механізм складається з валиків із прапорцями і гідравлічними циліндрами. Після закінчення завантаження секції гідравлічний циліндр повертає валик так, що прапорці упираються в касету й утримують блок у секції. Потім механізм відсікачів повертається у вихідне положення.

Механізм зриву блоків, розташований у нижній частині апарата, складається з вала з важелями, що під час повороту вала зрушують заморожені блоки до центра ротора й утримують їх від випадання. Коли секція знаходиться на позиції вивантаження, важелі механізму зриву блоків швидко повертаються у вихідне положення. Заморожені блоки зісковзують на лотік транспортера вивантаження блоків. Блоки, що випали, зрушуються в кантувач. Унизу лотока встановлені контрольні пристрої, що фіксують випадання блоків.

Транспортер вивантаження блоків складається з гвинта, ходової гайки та шкребка. Обертання гвинта здійснюється гідравлічним приводом.

Із транспортера вивантаження блоки попадають у кантувач, що, повертаючись навколо осі, подає блоки на пакувальний стіл. Кантувач приводиться в рух гідравлічним циліндром.

Насосна станція апарата є автономною. Продуктивність насоса 18 л/хв за робочого тиску 400...500 кПа.

На базі апарата АРСА-3-15Р розроблений уніфікований роторний **морозильний апарат марки УРМА**, призначений для блокового заморожування різноманітних харчових продуктів. У цьому апараті продукт заморожується за заздалегідь заданою програмою (циклограмою), яку можна змінити залежно від виду замороженого продукту, температури й виду середовища, яке відводить тепло (фреону чи аміаку), а також від товщини блоків, що заморожуються. З метою підвищення надійності роботи всі елементи керування розташовані за межами охолоджуваного контуру. Процеси

розвантаження й виведення заморожених блоків за його межі в апараті типу УРМА цілком механізовані.

Переваги: тривалість доморожування знижена в 1,5...2 рази порівняно з повітряними морозильними апаратами; безперервність процесу заморожування створює рівномірне навантаження на холодильну установку й полегшує регулювання режиму її роботи; механізація й автоматизація роботи апаратів значно полегшує працю обслуговуючого персоналу, створює високу культуру виробництва й гарні санітарно-гігієнічні умови; добре підпресування блоків забезпечує рівні площі поверхні, точні геометричні форми та щільність блока, що підвищує ємність охолоджуваних приміщень на 10–15%; попереднє упакування продукту перед його заморожуванням виключає відтавання блоків під час розвантаження, що зменшує теплоприпливи і поліпшує якість продукту; унаслідок відсутності глазурування блоків поліпшується якість продукту та знижується теплове навантаження на холодильне устаткування, габаритні розміри, маса й енергетичні витрати роторних морозильних апаратів приблизно на 30–40% менші, ніж повітряних морозильних апаратів такої ж продуктивності; роторні морозильні апарати випускаються в зібраному вигляді, що скорочує час і здешевлює вартість монтажних робіт.

Апарат «Кюльавтомат» (Німеччина) призначений для заморожування риби, рибного філе, фаршу. Охолодження морозильних плит апарата холодильним агентом, що кипить за низьких температур ($-62\ldots-65^{\circ}\text{C}$), дозволило значно інтенсифікувати процес заморожування блоків риби.

Морозильний апарат (рис. 2.44) складається з ізольованого контуру, морозильних плит, завантажувального пристрою (ваги, пристрій, що дозує, штовхальник, заслінка, затвор і поліетиленові листи), механізму розвантаження, вала ротора з дисками для кріплення 60 морозильних плит, транспортера розвантаження, гідравлічного приводу апарата.

Апарат монтується на рамі з піддоном для збирання талої води, що утворюється під час відтавання морозильних плит. Через конденсацію вологи, що знаходиться в повітрі, яке попадає в ізольований контур апарата, морозильні плити покриваються сніговою шубою. Плити можуть переміщатися в радіальному напрямку від центра ротора, що дозволяє компенсувати збільшення обсягу продукту під час заморожування.

Блоки заморожуються в чарунках розміром $800\times 250\times 60$ мм.

Каналами морозильних плит циркулює рідкий холодильний агент, що подається в плити через пустотілий вал ротора насосом. Із морозильних плит парорідинна суміш видаляється також через пустотілий вал, розділений на камери. У морозильні плити рідкий холодильний агент направляється через трубки з діафрагмами, які необхідні для рівномірного розподілу агента. Парорідинна суміш подається через парові патрубки й кільцевий колектор.

Ротор приводиться до руху гідравлічним приводом через редуктор і текстолітовий кулачок, профіль якого обраний так, що при зачепленні його зі штифтом ротор обертається переривчасто і фіксується в положеннях завантаження й вивантаження апарата.

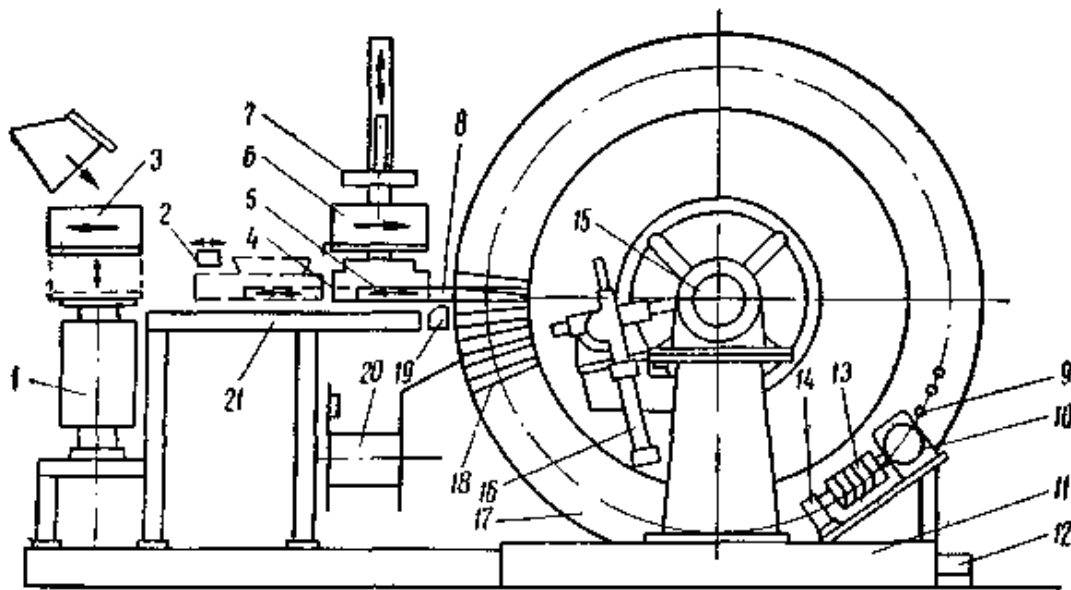


Рисунок 2.44 – Роторний морозильний апарат «Кюльавтомат»: 1 – ваги; 2 – пристрій витягування; 3 – дозуючий пристрій; 4 – касети; 5 – штовхач; 6 – заслінка; 7 – затвор; 8 – поліетиленові листи; 9 – штифти; 10 – редуктор; 11 – рама; 12 – піддон; 13 – текстолітовий кулачок; 14 – гідравлічний привід ротора; 15 – пустотілий вал ротора; 16 – механізм розвантаження; 17 – кожух; 18 – морозильні плити; 19 – лотоки; 20 – транспортер розвантаження; 21 – розвантажувальний пристрій

Морозильний апарат працює автоматично за заданою програмою. Порція риби надходить у два дозуючих пристрої, установлені на вагах. Після зважування порції гідравлічний привід переміщає дозуючий пристрій для розвантаження. Спеціальний пристрій витягає заслінки, і риба надходить у касети. Дозуючий пристрій, переходячи в позицію завантаження, захоплює заслінки. За допомогою затвора касети закриваються частково. У касеті розташовані штовхальники. Із боку ротора до касет прикріплені лотоки з нержавіючої сталі та поліетиленові листи, (їх розміри дорівнюють розмірам морозильної чарунки). Перед завантаженням риби в апарат касети, висуваючи убік ротор, переміщують лотоки й листи в простір між плитами. Штовхальники, що рухаються усередині касет, завантажують рибу в чарунки. Касети разом із лотоком і поліетиленовим листом протягом 20 с залишаються в положенні завантаження, не допускаючи випадання риби з чарунок. Перед поворотом ротора штовхальник зупиняється перед касетами. Ротор повертається на 6° , і наступні чарунки переходять у положення завантаження, а штовхальники повертаються у вихідне положення. Механізм розвантаження за допомогою металевих стрижнів через отвір у корпусі ротора вивантажує заморожені блоки на транспортер розвантаження.

Незважаючи на безпосередній контакт продукту з морозильними плитами, що мають низьку температуру, заморожені блоки легко, без попереднього відтавання, видаляються механізмом розвантаження з апарата. Це пояснюється тим, що сили зчеплення переохолодженого льоду з гладкою поверхнею

морозильних плит незначні. Морозильний апарат зручний і простий у обслуговуванні.

Технічна характеристика роторних апаратів приведена в табл. 2.14.

Таблиця 2.14 – Технічна характеристика роторних морозильних апаратів

Показники	Значення				
	МАР	АРСА-10	АРСА-3-15Р	УРМА	Кюль-автомат
1	2	3	4	5	6
Продуктивність, т на добу	8	10...11	15	15...22	30
Ємність, кг	1012	1080	1320	1320	600
Число морозильних секцій, шт.	23	27	15	15	-
Кількість, шт. плит у кожній секції, блоків	2 —	2 —	3 —	3 —	60* 120
Температура середовища, яке відводить тепло, °С	-28	-40	-40	-40	-65
Кінцева температура блока, який заморожується, °С	-18	-18	-23	-22	-25
Тривалість заморожування, хвилин	120	60...90	60...80	60...80	50...55
Габаритні розміри, мм					
довжина	4345	4300	4900	5000	4500
ширина	4000	4000	4200	5200	3500
висота	2360	2360	2500	2620	2600
Маса, кг	7500	8000	8500	8000	5000

*кількість плит у апараті.

2.4.3. Морозильні апарати барабанного типу

Морозильні апарати барабанного типу призначені для заморожування дрібноштучних неупакованих і рідких продуктів, вологих продуктів неправильної форми. Заморожуючим елементом цих апаратів є обертовий циліндричний барабан, у простір між стінками якого подається холодинний агент чи холодоносії (через пустотілий вал зі спеціальним сальниковим ущільненням).

До складу морозильного апарата барабанного типу для заморожування дрібноштучних неупакованих продуктів (рис. 2.45) входять циліндричний барабан, що охолоджує, змішувик, завантажувальний

транспорт, розвантажувальний пристрій. Барабан розташований у ізолюваному контурі.

Зазор між барабаном і ізолюваним контуром дорівнює 50 мм. Приводом барабана служить електродвигун потужністю 0,5 кВт, з'єднаний із варіатором швидкостей. Усередині ізолюваного контуру проходить змійовик, що охолоджує зазор.

Розвантажувальний пристрій складається з ножа, лопатевого колеса й розвантажувального конвеєра. Ніж виготовлений із нержавіючої сталі шириною 100 мм і посилений алюмінієвим ребром. Обертання лопатевого колеса погоджено з рухом конвеєра таким чином, що один його оберт відповідає визначеній відстані руху стрічки. Розвантажувальний конвеєр з'єднує апарат із глазурувальною чи з пакувальною машиною. Лопатеве колесо й розвантажувальний конвеєр мають свої приводи.

Продукт, що підлягає заморожуванню, знаходиться на завантажувальному транспорті. Продукт подається на барабан і протягом деякого часу рухається, знаходячись між стрічкою завантажувального транспортера і поверхнею барабана. Транспорт злегка притискає продукт до поверхні барабана, і він примерзає до неї. Із барабана заморожений продукт видаляється ножом, а лопатеве колесо направляє його на розвантажувальний конвеєр, що транспортує цей продукт для наступного глазурування й упакування в тару.

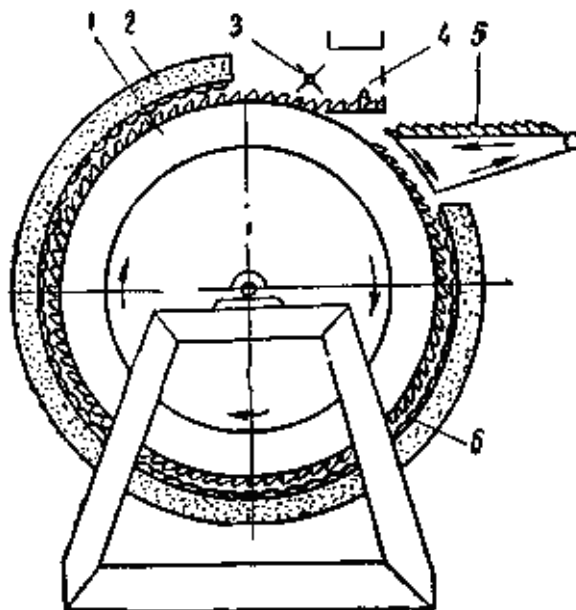


Рисунок 2.45 – Морозильний апарат барабанного типу для заморожування дрібноштучних неупакованих продуктів: 1 – циліндричний барабан; 2 – ізолюваний контур; 3 – лопатеве колесо; 4 – розвантажувальний конвеєр; 5 – завантажувальний транспорт; 6 – охолоджувальний змійовик

Апарат компактний, механізований, просто вбудовується в технологічні лінії з виробництва дрібноштучних заморожених харчових продуктів.

Морозильний апарат барабанного типу для заморожування вологих продуктів неправильної форми (шматки м'яса, пиріжки, креветки) складається із заморожувального барабана, закріпленого на валу й обертового в підшипниках, вібротока, вхідного конвеєра для живлення і притискання барабанів, кожуха й повітроохолоджувача (рис. 2.46).

Для зменшення обсягу, у якому кипить холодильний агент, барабан має кільцевий простір. Подача холодильного агента в кільцевий простір і видалення пари з нього проводяться через загальну цапфу, розташовану на одній із торцевих сторін заморожувального барабана. Цапфа використовується і для розміщення його привода обертання. Щоб апарат міг працювати ефективно без ізоляції, навколо заморожувального барабана передбачений кожух, куди за допомогою відцентрового вентилятора направляє потік холодного повітря. Охолодження повітря здійснюється змієвиковою батареєю. Холодне повітря обдуває продукт, що заморожується, який знаходиться на поверхні заморожувального барабана.

Подача продукту здійснюється за допомогою вхідного конвеєра, вібротока й живильного барабана, що виконаний багат шаровим і складається зі сталевих обичайок і пружного матеріалу. Привід барабанів здійснюється від загального електродвигуна, і швидкості обертання їх приблизно однакові. Розвантаження продукту з апарата відбувається за допомогою похилого вібротока, на якому закріплений ніж.

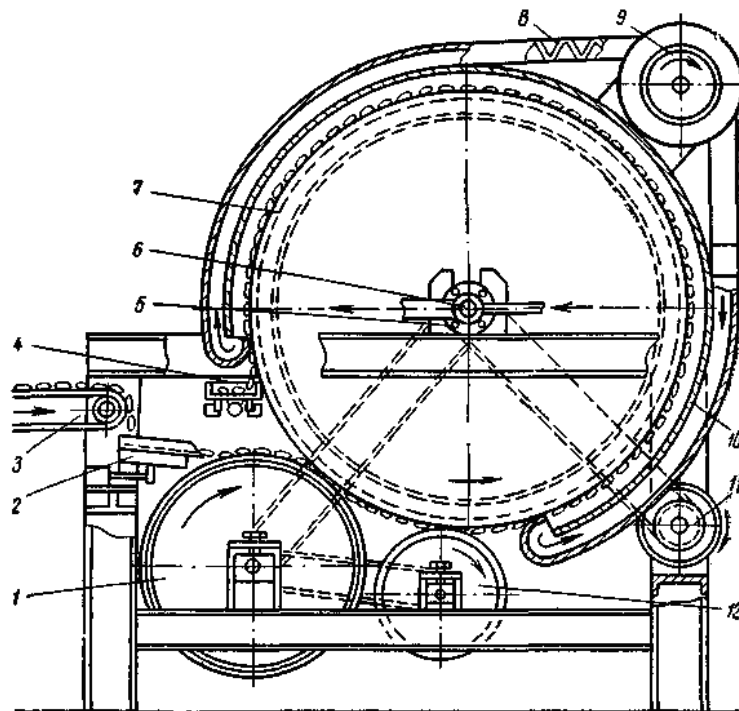


Рисунок 2.46 – Морозильний апарат барабанного типу для заморожування вологих продуктів неправильної форми: 1 – живильний барабан; 2, 4 – вібротоки; 3 – вхідний конвеєр; 5 – підшипники; 6 – вал; 7 – заморожувальний барабан; 8 – повітроохолоджувач; 9 – вентилятор; 10 – кожух; 11 – електродвигун; 12 – прижимний барабан

Вхідним конвеєром продукт надходить на вібротолік, де рівномірно розподіляється і за рахунок його нахилу попадає на поверхню живильного барабана. Положення живильного барабана відносно заморожувального барабана, а також відстань між ними регулюються залежно від товщини шматків продукту, що заморожується.

Живильний і прижимний барабани обертаються в одну сторону, протилежну напрямку обертання заморожувального барабана. Оскільки температура кипіння холодильного агента в просторі барабана низька ($-55\ldots-65^{\circ}\text{C}$), під час зіткнення з його поверхнею вологий продукт миттєво примерзає до неї. Притискним барабаном продукт злегка підпресовується і, щільно притиснутий до поверхні заморожувального барабана, швидко заморожується. Цьому також сприяє і те, що знаходячись на барабані, він обдувається холодним повітрям, температура якого $-40\ldots-45^{\circ}\text{C}$.

Переваги: Апарат компактний, інтенсивної дії, процес заморожування продуктів у ньому механізований і автоматизований.

Недоліки: обмеженість продуктів, що можуть заморожуватися в ньому, а також підвищена усушка.

Технічна характеристика морозильних апаратів барабанного типу приведена в табл. 2.15.

Таблиця 2.15 – Технічна характеристика морозильних апаратів барабанного типу

Показники	Значення	
	Апарати для заморожування продуктів	
	дрібноштучних неупакованих	неправильної форми
Продуктивність, кг/год	200...250	200...250
Ємність, кг	50...60	50...60
Температура середовища, яке відводить теплоту, $^{\circ}\text{C}$	-35	-55...-65
Кінцева температура продукту, який заморожується, $^{\circ}\text{C}$	-18	-18
Тривалість заморожування, хвилин	5...20	5...15
Габаритні розміри, мм		
довжина	1800	2100
ширина	2000	3200
висота	2600	3000
Маса, кг	1100	1800

2.4.4. Основи розрахунку плиткових апаратів

Під час розрахунку плиткових морозильних апаратів періодичної дії повинні бути задані продуктивність апарата, розташування плит, розміри блока,

що заморожується, вид і температура середовища, яке відводить теплоти, вид продукту, що заморожується, а також його початкова й кінцева температури.

Основи розрахунку плиткових морозильних апаратів приведені для випадку охолодження горизонтальних плит киплячим холодильним агентом і холодоносієм.

У разі охолодження морозильних плит горизонтально-плиткового апарата киплячим холодильним агентом, який подається в апарат насосом, необхідно визначити обсяг і масу блока, що заморожується; тривалість заморожування і кількість циклів роботи апарата протягом доби; ємність апарата і кількість блоків, що знаходяться в ньому; кількість морозильних плит; теплове навантаження; ємність випарної системи апарата; кількість холодильного агента, що циркулює в морозильних плитах апарата; гідравлічний опір випарної системи морозильного апарата; діаметр дросельної шайби, установленної на вході холодильного агента в морозильну плиту; продуктивність циркуляційного насоса; падіння тиску у випарній системі.

Об'єм блока, що заморожується, знаходять за формулою (2.87)

$$V_{\text{бл}} = l_{\text{бл}} d_{\text{бл}} \delta_{\text{бл}}, \quad (2.87)$$

де $V_{\text{бл}}$ – об'єм блока, що заморожується, м³;
 $l_{\text{бл}} d_{\text{бл}} \delta_{\text{бл}}$ – відповідно довжина, ширина, товщина блока, м.

Масу блока, що заморожується, визначають за формулою (2.88)

$$g_1 = V_{\text{бл}} \rho. \quad (2.88)$$

Тривалість заморожування блока розраховують за формулою Планка

$$\tau_1 = \frac{q'_3 \rho}{(t_{\text{кр}} - t_c)} \cdot \delta_{\text{бл}} \left[R \cdot \frac{\delta_{\text{бл}}}{\lambda} + P \left(\frac{1}{\alpha} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} \right) \right], \quad (2.89)$$

де $\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i}$ – сума теплових опорів стінок блок-форми та шарів упаковки, м²·К/Вт.

Значення коефіцієнта тепловіддачі киплячого холодильного агента до морозильної плити, що входить у формулу (2.89), залежно від його виду можна знайти з рівняння виду

$$\alpha = f(q_{\text{cp}}), \quad (2.90)$$

де q_{cp} – середній тепловий потік від блоку, який заморожується до площі поверхні морозильної плити, Вт/м²;

$$q_{cp} = \frac{Q_{\partial l}}{2F_{\partial l}\tau}, \quad (2.91)$$

де $Q_{\partial l} = q_3 g_1$ – кількість тепла, яке відводиться від блока за його заморожування в апараті, Дж;

$F_{\partial l} = l \cdot B$ – площа стикання блока з морозильною плитою апарата, м².

У рівняння (2.89) входить невідоме значення тривалості заморожування блока, що залежить від коефіцієнта тепловіддачі. Задаючи тривалість заморожування блока, обчислюють за рівнянням (2.91) середній тепловий потік від блока, що заморожується, до площі поверхні морозильної плити, а потім і коефіцієнт тепловіддачі від киплячого холодильного агента до морозильної плити.

Підставляючи знайдене значення коефіцієнта тепловіддачі від киплячого холодильного агента до морозильної плити у формулу (2.89), визначають тривалість заморожування блока.

Якщо обчислена за формулою Планка тривалість заморожування блока відповідає прийнятій ($\pm 5\%$), то завдання виконане. Якщо ж розбіжність більше 5%, то необхідно прийняти нове значення тривалості заморожування, повторюючи рішення, поки не буде досягнутий збіг прийнятої й обчисленої величин.

А.В. Степанова і В.Б. Ржевська (ЛТІХП) показали, що формула Планка не дозволяє точно обчислити тривалість заморожування блоків у плиткових морозильних апаратах. Тривалість процесу холодильної обробки блоків у плиткових морозильних апаратах вони запропонували знаходити як суму тривалості заморожування блока до кріоскопічної температури в центрі і доморожування блока до кінцевої температури в центрі

$$\tau = \tau_1 + \tau_2$$

$$\tau_1 = \frac{(\delta/2)^2 q'_3 \rho}{2\lambda_o (t_{kp} - t_n)} \left[1 - \frac{\lambda_3 (t_n - t_c)}{2\lambda_o (t_{kp} - t_n)} \ln \left(1 + \frac{2\lambda_o (t_{kp} - t_n)}{\lambda_3 (t_{kp} - t_c)} \right) \right], \quad (2.92)$$

де q'_3 – кількість тепла, що відводиться від продукту під час його заморожування від початкової температури (t_n) до кріоскопічної (t_{kp}), Дж/кг;

λ_o, λ_3 – теплопровідність відповідно охолодженого й замороженого продукту, Вт/(м·К);

δ – товщина блока продукту, м;

ρ – густина продукту, кг/м³;

t_c – температура морозильної плити.

Тривалість доморожування блоку до кінцевої температури в його центрі (t_k), °C

$$\tau_2 = \frac{F_0(\delta/2)^2}{a_m}, \quad (2.93)$$

де $a_m = \lambda/(c\rho)$ – температуропровідність замороженого продукту, м²/с.

Величина критерію F_0 залежить від безрозмірної температури Θ (рис. 2.47), значення якої визначається за формулою

$$\Theta = \frac{t_k - t_c}{t_{кр} - t_c}. \quad (2.94)$$

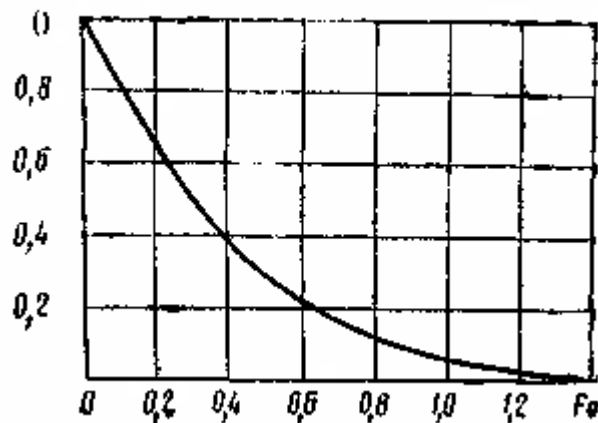


Рисунок 2.47 – Графік залежності безрозмірної температури Θ від критерію F_0

Оскільки між блоком і морозильною плитою можуть бути повітряні прошарки, які подовжують тривалість холодильної обробки продукту в апараті, дійсна тривалість заморожування складе

$$\tau_0 = \tau/\varphi_0, \quad (2.95)$$

де τ – тривалість заморожування блока, год;
 $\varphi_0 = (0,85...0,9)$ – коефіцієнт, що враховує зростання тривалості заморожування блока, внаслідок нещільного контакту продукту й морозильної плити.

Кількість циклів роботи апарата протягом доби визначають за формулою

$$n_c = \tau_c / \tau_u, \quad (2.96)$$

де τ_c – тривалість роботи апарата протягом доби, год ($\tau=22$ год);
 τ_u – тривалість циклу роботи апарата з урахуванням часу завантаження й вивантаження заморожених блоків, год.

Тривалість циклу роботи апарата знаходять за формулою, приймаючи $\tau_{3,6} = 0,25 \dots 0,33$ год:

$$\tau_u = \tau + \tau_{3,6}, \quad (2.97)$$

де $\tau_{3,6}$ – тривалість завантаження та вивантаження камер з періодичним завантаженням та вивантаженням, год.

Ємність апарата визначають за рівнянням

$$G = G' / n_c. \quad (2.98)$$

Кількість блоків у апараті розраховують за формулою (2.99)

$$z_6 = \frac{G}{g_1}, \quad (2.99)$$

де z_6 – кількість блоків в апараті, шт.

Тоді кількість морозильних плит в апараті

$$n_n = (z_{6л} / z_n) + 1, \quad (2.100)$$

де z_n – кількість блоків, що перебувають на одній плиті.

Теплове навантаження визначають за рівнянням

$$Q_o = Q_1 + Q_2 + Q_{II}, \quad (2.101)$$

де Q_n – теплове навантаження від металу морозильних плит під час їхнього охолодження

$$Q_n = \frac{G_n c_n n_n (t_1 - t_c)}{\tau_d}, \quad (2.102)$$

де G_n – маса однієї плити, кг;
 c_n – питома теплоємність матеріалу плит, Дж/(кг·К);
 t_1 – температура морозильних плит, °С.

Ємність випарної системи апарата знаходиться для того, щоб можна було розрахувати й підібрати циркуляційний і дренажний ресивери, що обслуговують апарат. Ємність випарної системи апарата знаходять за формулою

$$V_{uc} = V_n + V_k + V_{ш}, \quad (2.103)$$

де $V_{uc}, V_n, V_k, V_{ш}$ – ємність випарної системи апарата, морозильних плит, колекторів, гнучких шлангів, м³.

Ємність морозильних плит визначають за рівнянням

$$V_n = k \cdot b_k \cdot h_k \cdot l_k \cdot n_n, \quad (2.104)$$

де k – кількість каналів у плиті, шт.,
 b_k, h_k, l_k – ширина, висота, довжина каналу плити, м.

Ємність колекторів розраховують за формулою

$$V_k = \frac{\pi}{4} l_{кл} (d_1^2 + d_2^2), \quad (2.105)$$

де $l_{кл}$ – довжина колектора, м;
 d_1, d_2 – внутрішній діаметр рідинного й парового колекторів, м.

Ємність гнучких шлангів знаходять за рівнянням

$$V_{ш} = \frac{\pi}{4} (d'_{ш} + d''_{ш}) n_{ш} l_{ш}, \quad (2.106)$$

де $d'_{ш}$ – внутрішній діаметр гнучкого шланга, яким рідина надходить у морозильну плиту, м;
 $d''_{ш}$ – внутрішній діаметр гнучкого шланга, яким парорідинна суміш відводиться з морозильної плити, м;
 $l_{ш}$ – довжина гнучкого шланга, м.

Кількість рідкого холодильного агента, що циркулює в морозильних плитах апарата, визначають за формулою

$$G'_a = G_a n', \quad (2.107)$$

де G'_a, G_a – кількість рідкого холодильного агента, що циркулює й випаровується в морозильних плитах апарата, кг/с

$$G_a = Q_o / r_a, \quad (2.108)$$

де r_a – теплота паротворення рідкого холодильного агента за температури кипіння, Дж/кг;
 n' – кратність циркуляції.

Гідравлічний опір випарної системи морозильного апарата знаходять за рівнянням

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4 + \Delta P_5 + \Delta P_6 + \Delta P_7, \quad (2.109)$$

де ΔP – гідравлічний опір випарної системи морозильного апарату, Па;
 $\Delta P_1, \Delta P_2, \Delta P_3, \Delta P_4, \Delta P_5, \Delta P_6, \Delta P_7$ – гідравлічний опір каналів морозильних плит, гнучкого шланга, яким парорідинна суміш відводиться від морозильної плити, парового та рідинного колекторів, гнучкого шланга, яким рідина подається до морозильної плити, дросельної шайби, встановленої на вході холодильного агента в морозильну плиту, Па.

Гідравлічний опір каналів морозильних плит визначають за рівнянням

$$\Delta P_1 = 78,5 \lambda_{mp} \frac{v'' - v'}{r_a^2} \left(\frac{L_n'}{d_s} \right)^3 q^2 n' \left(1 + \frac{v'}{v'' - v'} 2n' \right), \quad (2.110)$$

де λ_{mp} – коефіцієнт тертя рідкого холодильного агента;
 v'', v' – питомий об'єм сухої насиченої пари та рідкого холодильного агента за температури кипіння, м³/кг;
 L_n' – довжина шляху, який проходить аміак у плиті, м;

$$L_n' = l_k \cdot \kappa', \quad (2.111)$$

де κ' – кількість каналів в одному паралельному ряді, шт.;

$$\kappa' = \frac{\kappa}{\Pi}, \quad (2.112)$$

де Π – кількість паралельних рядів у плиті, шт.;

$$d_s = \frac{4bh}{2(b+h)}, \quad (2.113)$$

$$q = \frac{G_a \cdot r_a}{L_n \cdot B_n \cdot n_n}, \quad (2.114)$$

де L_n, B_n – довжина та ширина морозильних плит, м.

Гідравлічний опір поворотів у морозильних плитах розраховують за формулою

$$\Delta P_2 = \xi_n \cdot n \frac{\omega_n^2}{2} \cdot \frac{1}{v_{cp}}, \quad (2.115)$$

де ω_n – швидкість руху парорідинної суміші в каналах морозильних плит, м/с;

$$\omega_n = \frac{G_a' \cdot v_{cp}}{\Pi \cdot b \cdot h \cdot n_n}, \quad (2.116)$$

де v_{cp} – середній питомий об'єм холодильного агента в плиті, м³/кг;

$$v_{cp} = \left(1 + \frac{1}{n'}\right) v' + \frac{1}{n'} v''. \quad (2.117)$$

Гідравлічний опір гнучкого шланга, яким парорідинна суміш відводиться від морозильної плити, визначають за рівнянням

$$\Delta P_3 = \left(\lambda_{mp} \frac{l_{ш}}{d_{ш}} + \sum \xi_{ш} \right) \frac{(\omega_{ш}'')^2}{2v_{cp}}, \quad (2.118)$$

де $\sum \xi_{ш}$ – місцеві опори гнучкого шланга;

$$\sum \xi_{ш} = \xi_1 + \xi_2 + \xi_3, \quad (2.119)$$

де ξ_1, ξ_2, ξ_3 – коефіцієнти місцевого опору входу парорідинної суміші в гнучкий шланг із морозильної плити, повороту парорідинної суміші в гнучкому шлангу, виходу парорідинної суміші з гнучкого шлангу в паровий колектор;

$\omega_{ш}''$ – швидкість руху парорідинної суміші в гнучкому шлангу, м/с;

$$\omega_{ш}'' = \frac{4G_a' \cdot v_{cp}}{\pi (d_{ш}')^2 \cdot n_n}. \quad (2.120)$$

Гідравлічний опір парового колектора знаходять за формулою

$$\Delta P_4 = \left(\lambda_{mp} \frac{1}{d_2} + \xi_{\kappa} \right) \frac{(\omega_{\kappa}'')^2}{2v_{cp}}, \quad (2.121)$$

де ξ_{κ} – коефіцієнт місцевого опору повороту холодильного агента в колекторі;

ω_{κ}'' – середня швидкість руху парорідинної суміші в паровому колекторі, м/с;

$$\omega_{\kappa}'' = \frac{4G_a' \cdot v_{cp}}{2\pi \cdot d_2^2}. \quad (2.122)$$

Гідравлічний опір рідинного колектора розраховують за рівнянням

$$\Delta P_5 = \left(\lambda_{mp} \frac{1}{d_1} + \xi_{\kappa} \right) \frac{(\omega_{\kappa}'')^2}{2v'}, \quad (2.123)$$

де ω_{κ}' – середня швидкість руху рідкого холодильного агента в рідинному колекторі, м/с;

$$\omega_{\kappa}' = \frac{4G_a' \cdot v'}{2\pi \cdot d_1^2}. \quad (2.124)$$

Гідравлічний опір гнучкого шлангу, яким рідина подається до морозильної плити, визначають із залежності

$$\Delta P_6 = \left(\lambda_{mp} \frac{1}{d_{ш}} + \xi_{ш} \right) \frac{(\omega_{ш}')^2}{2v'}, \quad (2.125)$$

де $\omega_{ш}'$ – швидкість руху рідкого холодильного агента в гнучкому шлангу, яким рідина подається до морозильної плити, м/с;

$$\omega_{ш}' = \frac{4G_a' \cdot v'}{2\pi \cdot (d_{ш}')^2}. \quad (2.126)$$

Гідравлічний опір дросельної шайби, яка встановлена на вході холодильного агента в морозильну плиту, звичайно задаються ($\Delta P_7 = 15 \dots 20$ кПа).

Діаметр дросельної шайби знаходять за формулою

$$d_{ш} = \sqrt{\frac{4G_a'}{n_n \cdot \mu_0 \cdot f \sqrt{\frac{2\Delta P_7}{v'}}}}, \quad (2.127)$$

де $d_{ш}$ – діаметр дросельної шайби, яка встановлена на вході холодильного агента в морозильну плиту, м;
 μ_0 – коефіцієнт витрати.

Продуктивність циркуляційного насоса розраховують за рівнянням

$$V_{ц.н} = G'_a \cdot v', \quad (2.128)$$

де $V'_{ц.н}$ – продуктивність циркуляційного насоса, м³/с.

Падіння тиску у випарній системі морозильного апарата визначають за формулою

$$\Delta P_n = (\Delta P + \frac{H}{v'} 9,8) a_{д.н}, \quad (2.129)$$

де ΔP_n – падіння тиску у випарній системі, Па;

H – висота підйому рідкого холодильного агента до морозильних плит апарата, м.

Залежно від $V'_{ц.н}$ і ΔP_n проводиться підбір циркуляційного насоса, який обслуговує морозильний апарат.

Під час охолодження морозильних плит горизонтально-плиткового апарата холодоносієм знаходять об'єм і масу блока, який заморожується, а тривалість заморожування можна вирахувати за формулою Планка. Тоді коефіцієнт тепловіддачі від холодоносія до пустотілої морозильної плити знаходять за формулою

$$\alpha = \frac{Nu_f \cdot \lambda_s}{d_s}, \quad (2.130)$$

де Nu_f – критерій Нуссельта;

$$Nu_f = 0,15 Re_f^{0,33} \cdot Pr_f^{0,43} \cdot Gr_f^{0,1}, \quad (2.131)$$

де Re_f – критерій Рейнольдса;

$$Re_f = \frac{\omega_s \cdot d_s}{\nu_s}, \quad (2.132)$$

де ω_s – швидкість руху холодоносія в пустотілій морозильній плиті, м/с;

$$\omega_s = \frac{\omega_u \frac{\pi \cdot d_u^2}{4}}{\delta_n \cdot B_n}, \quad (2.133)$$

де ω_u – швидкість руху холодоносія в гнучкому шлангу, м/с;

δ_n – висота каналу плити під час циркуляції холодоносія, м. Розміри полої морозильної плити δ_n та B_n , а також швидкість руху холодоносія в гнучкому шлангу ω_u та його діаметр необхідно задавати. Внутрішній

діаметр гнучкого шланга складає 20...30 мм. Звичайно швидкість руху холодоносія в гнучкому шлангу дорівнює 0,5...0,7 м/с;

$$d_s = \frac{4\delta_n \cdot B_n}{2(\delta_n + B_n)}, \quad (2.134)$$

де v_s – кінематична в'язкість холодоносія, м²/с;
 Pr_f – критерій Прандля;

$$Pr_f = \frac{V_s}{a_s}, \quad (2.135)$$

де a_s – температуропровідність холодоносія, м²/с;
 Gr_f – критерій Грасгофа;

$$Gr_f = \frac{g \cdot d_s^3 \cdot \beta_s \cdot \Delta t_{s0}}{v_s^2}, \quad (2.136)$$

де β_s – коефіцієнт об'ємного розширення холодоносія, 1/К;
 Δt_{s0} – оптимальний нагрів у пустотілій морозильній плиті, °С
 ($\Delta t_{s0}=1...3$ °С).

Після того, як знайдена тривалість заморожування блока, необхідно визначити дійсну тривалість заморожування, кількість циклів роботи апарата на протязі доби, його місткість, кількість блоків та морозильних плит, а також теплове навантаження.

Кількість холодоносія, який циркулює в пустотілих морозильних плитах апарата, складе

$$G_s = \frac{\pi \cdot d_u^2}{4} \omega_u \cdot \rho_s \cdot n_n, \quad (2.137)$$

де G_s – кількість холодоносія, який циркулює в пустотілих морозильних плитах апарата, кг/с;
 ρ_s – густина холодоносія, кг/м³.

Тоді об'єм холодоносія, який циркулює в пустотілих плитах апарата, визначають за формулою

$$V_s = \frac{G_s}{\rho_s}, \quad (2.138)$$

де V_s – об'єм холодоносія, який циркулює в пустотілих плитах апарата, м³/с.

Температуру нагрівання холодоносія в полії морозильній плиті визначають за виразом

$$\Delta t_s = \frac{Q_0}{G_s \cdot c_s}, \quad (2.139)$$

де Δt_s – температура нагрівання холодоносія в пустотілій морозильній плиті апарата, °C;
 c_s – питома теплоємність холодоносія, Дж/(кг·K).

Якщо температура нагрівання холодоносія в пустотілій морозильній плиті більше оптимальної температури нагрівання, то необхідно збільшити кількість циркулюючого холодоносія. Для цього потрібно задатися новим підвищеним значенням швидкості руху холодоносія в гнучкому шлангу чи збільшити його внутрішній діаметр. Збільшення кількості циркулюючого холодоносія приведе до зростання швидкості його руху в пустотілих морозильних плитах, що потребує уточнення коефіцієнта тепловіддачі α та тривалості заморожування блока τ .

Якщо температура нагрівання холодоносія в пустотілій морозильній плиті менше оптимальної температури нагрівання, то необхідно зменшити кількість циркулюючого холодоносія. Для цього приймають нове, менше значення швидкості руху холодоносія в гнучкому шлангу, залишаючи постійною швидкість руху холодоносія в морозильній плиті апарата. Із цією метою в пустотілих морозильних плитах передбачаються перегородки.

Швидкість руху холодоносія в гнучкому шлангу за наявності в морозильних плитах перегородок знаходять за формулою

$$\omega_{uo} = \omega_n \frac{4F_n'}{\pi \cdot d_{uu}^2}, \quad (2.140)$$

де ω_{uo} – швидкість холодоносія в гнучкому шлангу за наявності в морозильних плитах перегородок, м/с;
 F_n' – переріз каналу морозильної плити для проходження холодоносія, м²;

$$F_n' = \delta_n \cdot B_n', \quad (2.141)$$

B_n' – відстань між перегородками в морозильній плиті, м.

Кількість холодоносія, який циркулює в морозильних плитах, визначають за рівнянням

$$G_{so} = \frac{\pi \cdot d_{uu}^2}{4} \omega_{uo} \cdot \rho_s \cdot n_n, \quad (2.142)$$

де G_{so} – кількість холодоносія, який циркулює в морозильних плитах, кг/с.

Об'єм холодоносія, який циркулює в морозильних плитах, розраховують за формулою

$$V_{so} = \frac{G_{so}}{\rho_s}, \quad (2.143)$$

де V_{so} – об'єм холодоносія, який циркулює в морозильних плитах, м³/с.

Фактичне нагрівання холодоносія в морозильній плиті апарата складе

$$\Delta t_{so} = \frac{Q_0}{G_{so} \cdot c_s}. \quad (2.144)$$

Гідравлічний опір охолоджуючої системи апарата визначають за рівнянням

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3. \quad (2.145)$$

Гідравлічний опір морозильних плит розраховують за рівнянням

$$\Delta P_1 = \left(\lambda_{mp} \frac{L}{d'_3} + n_{nov} \cdot \xi_n \right) \frac{\omega_n^2}{2} \rho_s, \quad (2.146)$$

де d'_3 – еквівалентний діаметр каналу морозильної плити, м;

$$d'_3 = \frac{4B'_n \cdot \delta_n}{2(B'_n + \delta_n)}, \quad (2.147)$$

n_{nov} – кількість поворотів холодоносія в плиті.

Гідравлічний опір гнучких шлангів, які підводять холодоносій до морозильної плити та відводять його від неї, знаходять із залежності

$$\Delta P_2 = 2 \left(\lambda_{mp} \frac{l_{ш}}{d_{ш}^2} + \sum \xi_{ш} \right) \frac{\omega_{ш}^2}{2} \rho_s. \quad (2.148)$$

Гідравлічний опір подавального та зворотного колекторів холодоносія визначають за рівнянням

$$\Delta P_3 = 2 \left(\lambda_{mp} \frac{l_{\kappa}}{d_{\kappa}} + \xi_{\kappa} \right) \frac{\omega_{\kappa}^2}{2} \rho_s, \quad (2.149)$$

де d_{κ} – внутрішній діаметр колекторів, м;

ω_{κ} – швидкість руху холодоносія в колекторах, м/с;

$$\omega_{\kappa} = \omega_n \frac{4V_{so}}{\pi \cdot d_{\kappa}^2}. \quad (2.150)$$

Падіння тиску в охолоджувальній системі розраховують за формулою

$$\Delta P_n = \Delta P \cdot \varphi_0. \quad (2.151)$$

У залежності від V_{so} та ΔP_n проводиться підбір насосу для циркуляції холодоносія в морозильних плитах апарата.

2.4.5. Апарати для заморожування продуктів рідкими холодоносіями

Для заморожування харчових продуктів також використовують механізовані високопродуктивні апарати з непрямим контактом продукту і холодоносія. У них тепло передається від продукту, що заморожується, до рідкого холодоносія чи через металеву стрічку конвеєра, що рухається, або через герметичне вологонепроникне упакування, яке щільно прилягає (без повітряних прошарків) до продукту. Щоб упакування щільно прилягало до продукту, з нього видаляється повітря.

Апарати безконтактного заморожування використовують для заморожування упакованих продуктів у рідкому холодоносії; продуктів на сталевій стрічці, зрошуваний рідким холодоносієм; продуктів у металевих формах, що занурюються в рідкий холодоносій.

Апарат для заморожування упакованих продуктів рідким холодоносієм, який використовується для холодильної обробки тушок птиці (рис. 2.48), складається із завантажувального й розвантажувального гідравлічних затворів, штовхачів, транспортерної стрічки з клітками, ванни, що охолоджує, розвантажувального транспортера з вентиляторами, циркуляційних насосів, випарників, розподільних колекторів, перфорованих піддонів, ізолюваного контуру.

Тушки птиці, що підлягають заморожуванню, направляються до завантажувального гідравлічного затвора, де за допомогою насоса постійно підтримується рівень холодоносія для того, щоб повітря не могло проникнути всередину апарата. Після того, як тушки птиці потраплять у ліву частину завантажувального затвора, спрацьовує виштовхувач, що занурює тушки в холодоносій, а потім подає їх у порожню клітку транспортерної стрічки, що займає вихідну позицію для завантаження. Клітка утворена спеціальними перегородками, що переміщують тушки.

Проходячи верхньою ділянкою транспортерної стрічки, тушки птиці рясно зрошуються холодоносієм, а потім надходять у охолоджувальну ванну з холодоносієм. Коли тушки досягнуть кінця охолоджувальної ванни, вони направляються в розвантажувальний гідравлічний затвор, із якого їх видаляє виштовхувач.

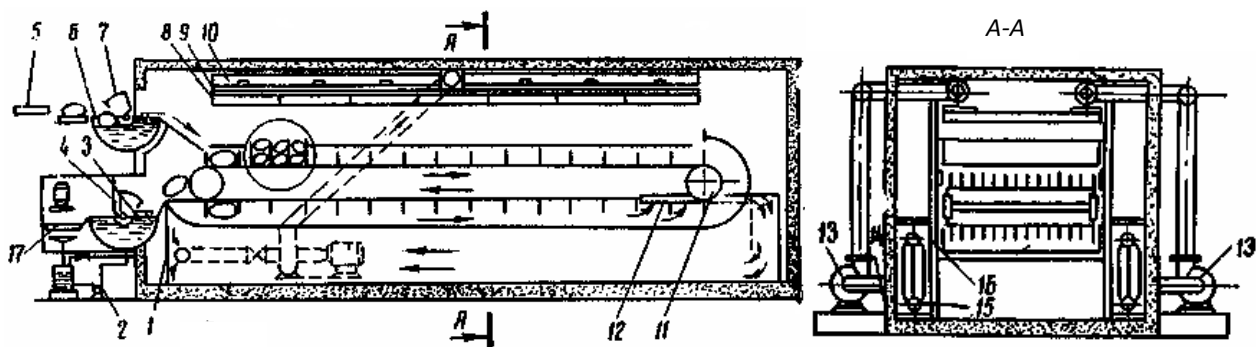


Рисунок 2.48 – Апарат для заморожування упакованих продуктів у рідкому холодоносії: 1 – охолоджуюча ванна; 2 – насос для підтримання рівня в завантажувальному гідравлічному затворі; 3 – розвантажувальний гідравлічний затвор; 4 – виштовхувач; 5 – транспортер для подавання тушок птиці до завантажувального гідравлічного затвора; 6 – завантажувальний гідравлічний затвор; 7 – виштовхувач; 8 – перфорований піддон; 9 – фільтри; 10 – розподільний колектор; 11 – транспортерна стрічка з клітками; 12 – водозливний отвір; 13 – циркуляційні насоси; 14 – ізолюваний контур; 15 – випарник; 16 – бак випарника; 17 – розвантажувальний транспортер із вентиляторами

Після виходу з апарата заморожений продукт попадає на розвантажувальний транспортер, що обдувається вентилятором. Краплі холодоносія, що залишилися на поверхні заморожених тушок, здуваються повітряним струменем і збираються в спеціальний піддон. Із піддона холодоносії направляється в завантажувальний затвор. Заморожені тушки попадають під водяний душ, підсушуються другим вентилятором.

За допомогою двох циркуляційних насосів холодоносії засмоктується з випарників і надходить у розподільні колектори, а потім у перфоровані зрошувальні піддони. Холодоносії, стікаючи тонкими цівками на тушки птиці, направляється в охолоджувальну ванну і через водозливні отвори знову попадає у випарник. В апараті здійснюється проточний рух холодоносія відносно руху тушок птиці, що поліпшує теплообмін під час заморожування.

Переваги: використання нижньої гілки транспортерної стрічки, у зв'язку з чим збільшується продуктивність. Конструкція апарата дозволяє уникнути деконцентрації холодоносія. Апарат надійно захищений від проникнення вологого повітря. Контакт із повітрям мають тільки виштовхувачі й ліві сторони гідравлічних затворів. Температура холодоносія завантажувального гідравлічного затвора – плюсова, тому що через нього у апарат проходять тушки птиці, температура яких $4...6^{\circ}\text{C}$. Отже, конденсація вологи та її надходження в холодоносії незначні. Конденсація пари, що знаходиться в повітрі, можлива тільки в тій частині гідравлічного затвора, який стикається з зовнішнім повітрям. Площа поверхні контакту холодоносія не перевищує $0,5\text{ м}^2$, а разом із поверхнею виштовхувача й поверхнею крапель холодоносія вона складає не більше $1,5\text{ м}^2$, що практично не впливає на деконцентрацію основної маси холодоносія, який циркулює в апараті. Тому немає необхідності установлювати реконцентратор

холодоносія, що значно здешевлює експлуатацію апарата. Холодоносії, який здувається з тушок, повертається у випарники, тому його втрати в апараті мінімальні.

Унаслідок того, що охолоджувальні секції випарників розташовані безпосередньо в апараті, відсутні додаткові циркуляційні насоси. Проте застосування в якості середовища, яке відводить теплоту рідкого холодоносія, викликає корозію елементів апарата. Технічну характеристику апарата для заморожування упакованих продуктів у рідкому холодоносії приведено в табл. 2.16.

Таблиця 2.16 – Характеристика апарата для заморожування упакованих продуктів у рідкому холодоносії

Показники	Значення
1	2
Продуктивність, кг/год	1000
Ємність, кг	700
Температура, °С	
середовища яке відводить тепло	–30
замороженого продукту	–18
Тривалість заморожування, хвилин	40...50
Габаритні розміри, мм	
довжина	8500
ширина	3200
висота	2600
Маса, кг	4800

Апарати для заморожування продуктів на сталевій стрічці, зрошуваний рідким холодоносієм застосовують для заморожування готових блюд, кускових м'ясних продуктів і фаршу, рідких і напіврідких продуктів.

Апарат для заморожування готових блюд (рис. 2.49) складається з конвеєра, стрічка якого виконана з нержавіючої сталі, зрошувальних трубопроводів із форсунками, піддона, натяжного пристрою й ізольованого контуру.

На стрічці конвеєра через вікно завантаження продукт подається у відсік апарата. У вантажному відсіку стрічка конвеєра за допомогою зрошувальних трубопроводів із форсунками знизу омивається холодним холодоносієм, що охолоджує стрічку й заморожує продукт. Для запобігання потраплянню рідкого холодоносія на продукт, що заморожується, стрічка має бічні гумові напрямні, які також запобігають її зісковзуванню з барабанів конвеєра. Щільне прилягання стрічки до поверхні барабанів досягається натяжним пристроєм, що, автоматично натягаючи стрічку, забезпечує надійну роботу конвеєра.

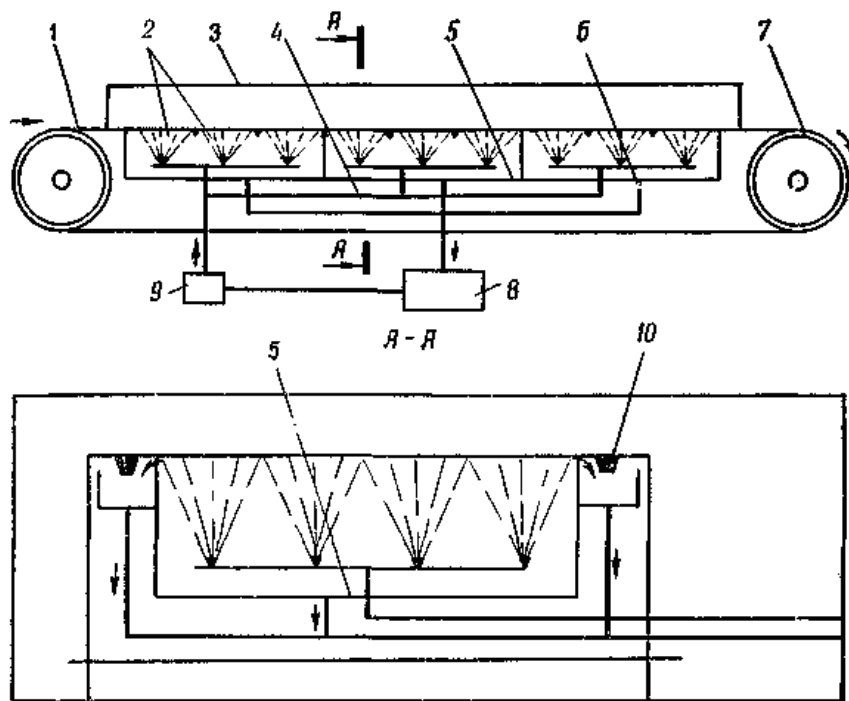


Рисунок 2.49 – Апарат для заморожування готових блюд на сталій стрічці, яка зрошується холодоносієм: 1 – конвеєр; 2 – зрошувальні трубопроводи з форсунками; 3 – ізольований контур; 4 – трубопровід подачі холодоносія; 5 – піддон; 6 – трубопровід відведення нагрітого холодоносія до випарника; 7 – барабан; 8 – випарник; 9 – насос; 10 – бокові резинові напрямні

Отеплений у вантажному відсіку холодоносієм збирається в піддон, із якого насосом направляється для охолодження у випарник холодильної установки, що обслуговує апарат.

Зі стрічки конвеєра заморожений продукт легко видаляється в той момент, коли вона починає деформуватися. Стрічка без продукту виходить з ізолюваного контуру, нагрівається, зрошується водою і підсушується, а потім на неї знову укладається продукт.

Вантажний відсік збирається з ізолюованих секцій довжиною 3600 мм. У кожній такій секції є двері для обслуговування апарата. Для охолодження внутрішнього обсягу вантажного відсіку іноді встановлюють батареї чи повітроохолоджувачі.

Конструкція апарата проста, він компактний, забезпечує швидке заморожування продуктів. Спеціальні антикорозійні покриття запобігають зносу його вузлів.

Апарат для заморожування кускових м'ясних продуктів (біфштекси, філейні вирізки, брикети м'ясного фаршу) на сталевій стрічці, зрошуваний рідким холодоносієм (рис. 2.50), складається з завантажувального транспортера, сталевій стрічки з натяжною і приводною станціями, пристроїв, що охолоджують і перевертають, прийомного лотка, електродвигуна з варіатором швидкостей і ізолюованого контуру. Охолоджувальний пристрій апарата являє собою ванну, розташовану під верхньою гілкою сталевій стрічки,

яку підтримують пластмасові опори. У ванні також розміщені перфоровані труби, призначені для зрошення сталевій стрічці.

На завантажувальний транспортер вручну укладають продукт, що підлягає заморожуванню. Із завантажувального транспортера продукт направляється на сталеву стрічку апарата, що знизу зрошується холодоносієм. На сталевій стрічці продукт рухається до пристрою, що перевертає, який складається з ланцюга зі шкребками, похилого ножа, притиснутого до сталевій стрічці, і вигнутого спускного лотка. Продукти підморожуються з однієї сторони, потім похилим ножом і шкребками перевертаються та скидаються на спускний лотік. Перевернений продукт доморожується і прийомним лотком направляється на стіл фасування й упакування.

Для охолодження сталевій стрічці застосовується 50%-ний водяний розчин пропіленгліколю, що насосом подається в перфоровані труби та виходячи з них, зрошує сталеву стрічку.

Отеплений розчин збирається у ванні й самопливом надходить у випарник, що розміщений в ізольованому контурі морозильного апарата.

Переваги: швидке заморожування тонких неупакованих продуктів.

Недоліки: підвищені габаритні розміри й мала кількість знімання замороженого продукту на 1 м² площі, яку займає апарат.

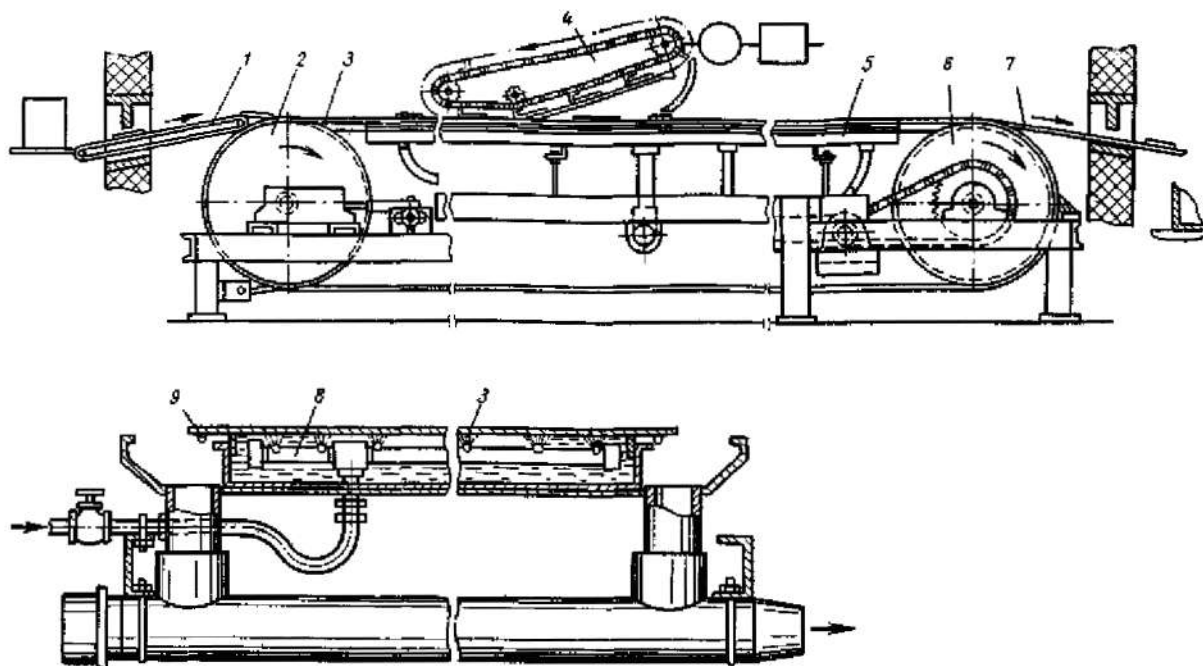


Рисунок 2.50 – Апарат для заморожування кускових продуктів на сталевій стрічці, яка зрошується холодоносієм: 1 – завантажувальний конвеєр; 2 – натяжна станція; 3 – сталеві стрічка; 4 – перекидальний пристрій; 5 – охолоджувальний пристрій; 6 – привідна станція; 7 – приймальний лотік; 8 – перфорована труба; 9 – гумовий бортик

Апарат для заморожування рідких чи напіврідких продуктів (соки, пюре, бульйони) на сталевій стрічці, зрошуваний рідким холодоносієм (рис. 2.51), складається з вузлів завантаження й вивантаження, сталевій

конвеєрної стрічки з жолобами, зрошувальних трубопроводів із форсунками, піддона, випарника, насоса для подачі холодоносія, барабанів конвеєра, його привода, пульта керування та ізолюваного контуру.

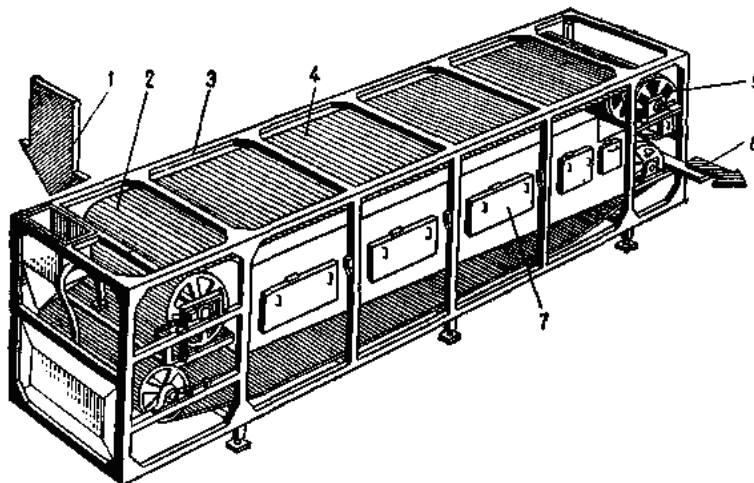


Рисунок 2.51 – Апарат для заморожування рідких та напіврідких продуктів на сталевій стрічці, яка зрошується холодоносієм: 1 – вузол завантаження продукту; 2 – сталева конвеєрна стрічка з жолобами; 3 – рама апарата; 4 – ізолюваний контур; 5 – барабан конвеєра; 6 – вузол вивантаження заморожених продуктів; 7 – лаз для обслуговування апарата

За допомогою вузла завантаження, що складається з бака й насоса рідкий чи напіврідкий продукт подається у вантажний відсік апарата, де заповнює жолоби сталевій стрічці. Висота і ширина жолоба, утвореного спеціальними ребрами, дорівнює 20 і 8 мм. Довжина замороженого бруска може змінюватися (від 40 до 100 мм) за допомогою перегородок, установлених у жолобах.

Продукт у жолобах швидко й безупинно заморожується, коли стрічка зрошується знизу розчином холодного холодоносія (пропіленгліколем) за допомогою зрошувальних трубопроводів із форсунками. Отоплений пропіленгліколь збирається в піддоні і насосом для подачі холодоносія направляється в індивідуальний випарник для охолодження.

Із жолобів конвеєрної стрічки бруски замороженого продукту видаляються під час її деформації. Вільна від продукту стрічка, рухаючись поза ізолюваним контуром апарата, нагрівається, а потім проходить санітарну обробку та знову завантажувється продуктом.

Прилади автоматичного контролю й керування розташовуються на пультах, змонтованих поруч із ізолюваним контуром апарата.

Ізолюваний корпус апарата збирається з панелей, ізолюваних пінополіуретаном.

Апарат дозволяє швидко і без втрат заморожувати рідкі й напіврідкі продукти. Він компактний, механізований і автоматизований. Усі вузли апарата, що стикаються з продуктом і холодоносієм, виготовляються з високоякісної нержавіючої сталі, що приводить до зростання його вартості.

Технічна характеристика апаратів для заморожування продуктів на сталевій стрічці, зрошуваної рідким холодоносієм, приведена в табл. 2.17.

Таблиця 2.17 – Технічна характеристика морозильних апаратів барабанного типу

Показники	Значення		
	Апарати для заморожування продуктів на сталевій стрічці, яка зрошується рідким холодоносієм		
	готових блюд (без упаковки)	кускових м'ясних продуктів та фаршу (без упаковки)	рідких або напіврідких
1	2	3	4
Продуктивність, кг/год	300...600	200...300	1000...1200
Ємність, кг	100...150	60	40...60
Температура, °С			
холодоносія	–35...–38	–40	–38
замороженого продукту	–18	–18	–18
Тривалість заморожування, хв	10...30	20...40	3...4
Габаритні розміри, мм			
довжина	10000...12000	10400	5000
ширина	1600...3000	1800	2500
висота	2000...3600	3400	3600
Маса, кг	2400...2800	2800	2400

Апарат для заморожування рідких і напіврідких харчових продуктів (овочеві та фруктові соки, томат-паста, фруктові пюре) у формах, що занурюються у ванну з холодоносієм (рис. 2.52), складається зі звареної рами, приводних і натяжних зірочок, приводного пристрою, вантажного (робочого) конвеєра з формами, ванни з холодоносієм, наповнювача, розвантажувального конвеєра й миючого пристрою.

Зварена рама має шість регульованих ніжок. Приводні й натяжні зірочки встановлені на загальному валі. На одній приводній зірочці по колу укріплені пальці. Приводний пристрій складається з гідравлічного циліндра, шток якого рухається в напрямних, і хитного штовхальника.

При робочому ході штока штовхальник упирається в один із пальців, що знаходяться на бічній поверхні приводної зірочки. Після повертає зірочку на один крок. Пластинчасті ланцюги вантажного конвеєра переміщують металеві форми й витягувачі, призначені для виймання заморожених блоків із форм. Під час повороту приводної зірочки на один крок форма зупиняється під наповнювачем. Витягувачі в момент заповнення форм продуктом повинні бути в ній. Заповнені продуктом форми разом із витягувачем просуваються вперед і занурюються у ванну з холодним холодоносієм, де продукт заморожується.

Потім форма подається на відтавання. За наступного ходу ланцюга витягувачі, вморожені в продукт, спеціальним механізмом піднімаються й витягають підталий блок із форми. У момент перебування блока під розвантажувальним конвеєром витягувачі повертаються на 180° і виходять із зачеплення з блоком. Блок падає на вихідний транспортер, а витягувачі вводяться у форму.

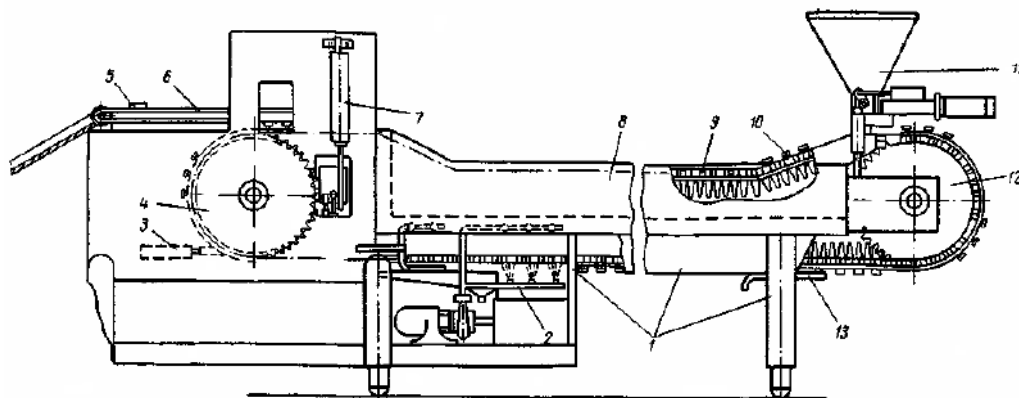


Рисунок 2.52 – Апарат для заморожування рідких та напіврідких харчових продуктів у формах, які занурюються у ванну з холодоносієм: 1 – рама апарата; 2 – миючий пристрій; 3 – привідний пристрій; 4 – привідні зірочки; 5 – блок, який заморожується; 6 – розвантажувальний конвеєр; 7 – підйомник ванни відтаювача; 8 – ванна з холодоносієм; 9 – вантажний (робочий) конвеєр із формами; 10 – виймач; 11 – наповнювач; 12 – натяжні зірочки; 13 – стерилізатор

Холоста гілка вантажного конвеєра використовується для санітарної обробки форм і витягувачів. Миючий пристрій складеться з бака для готування миючого розчину й відцентрованого насоса. Миючий розчин розприскується форсунками, зрошуючи форми й витягувачі, що потім промиваються. Чисті форми стерилізуються парою та надходять до наповнювача.

Переваги: безперервність роботи та гарна санітарна обробка вузлів, що безпосередньо стикаються з продуктом.

Технічну характеристику апарата для заморожування продуктів у металевих формах, що занурюються в рідкий холодоносій, наведено в табл. 2.18.

Таблиця 2.18 – Характеристика апарата для заморожування продуктів

Параметр	Значення
Продуктивність, кг/год	300
Ємність, кг	60...75
Тривалість заморожування, хвилин	10...15
Температура, °C	
Середовища, яке відводить тепло	–40
замороженого продукту	–20
Габаритні розміри, мм	
довжина	7600
ширина	2100
висота	3000
Маса, кг	3650

2.5. Апарати контактного заморожування харчових продуктів

В апаратах контактного заморожування харчових продуктів (контактні апарати) відбувається безпосереднє інтенсивне відведення тепла від продукту, що заморожується, до середовища, яке відводить тепло (рідкий азот і повітря – кріогенні рідини, вуглекислота, що пройшла спеціальне хімічне очищення, а також холодоносій – водяний розчин хлористого натрію). За безпосереднього контакту харчового продукту з середовищем, яке відводить тепло, не повинна погіршуватися якість продукту.

Порівняльні показники доводять, що вартість заморожування харчових продуктів у контактних апаратах із кріогенною рідиною вища, ніж у повітряному й плитковому морозильному апаратах.

Залежно від виду середовища, яке відводить тепло, апарати контактного заморожування бувають кріогенні, вуглекислотні, фреонові, а також для заморожування продуктів холодоносіями.

2.5.1. Кріогенні апарати

У кріогенних апаратах у якості середовища, яке відводить тепло, звичайно застосовують рідкий азот, а іноді й рідке повітря. Під час заморожування в цих апаратах продукт занурюється в рідкий азот чи зрошується ним. За цією ознакою кріогенні апарати можна класифікувати на іммерсійні (занурення продуктів у ванну з рідким азотом), а також на апарати з розпиленням рідкого агента у вантажному відсіку.

Іммерсійні апарати складаються з ізольованої ванни, у якій знаходиться рідкий азот, і конвеєра для переміщення продукту.

Під час занурення теплового продукту у ванну з рідким азотом у ньому внаслідок високої швидкості заморожування й нерівномірності температур за об'ємом виникають значні внутрішні напруження, що порушують структуру продукту, викликаючи його розтріскування й розшарування. У таких апаратах питома витрата рідкого азоту досягає 2 кг і більше на 1 кг замороженого продукту. Зростання питомих витрат азоту приводить до збільшення вартості заморожування. У цих апаратах важко регулювати температуру продукту, який заморожується, що звичайно має неоднакові геометричні розміри і форму.

Апарат для заморожування розфасованих харчових продуктів із зануренням їх у ванну з рідким азотом (рис. 2.53) складається з вантажного конвеєра, ванни з рідким азотом, витяжних трубопроводів, завантажувального і розвантажувального столів, ізольованого контуру, виконаного з нержавіючої сталі та теплоізоляційного матеріалу.

Продукт після фасувального автомата надходить на завантажувальний стіл, що передає його на вантажний конвеєр. Знаходячись на ньому, продукт занурюється у ванну з рідким азотом і швидко заморожується.

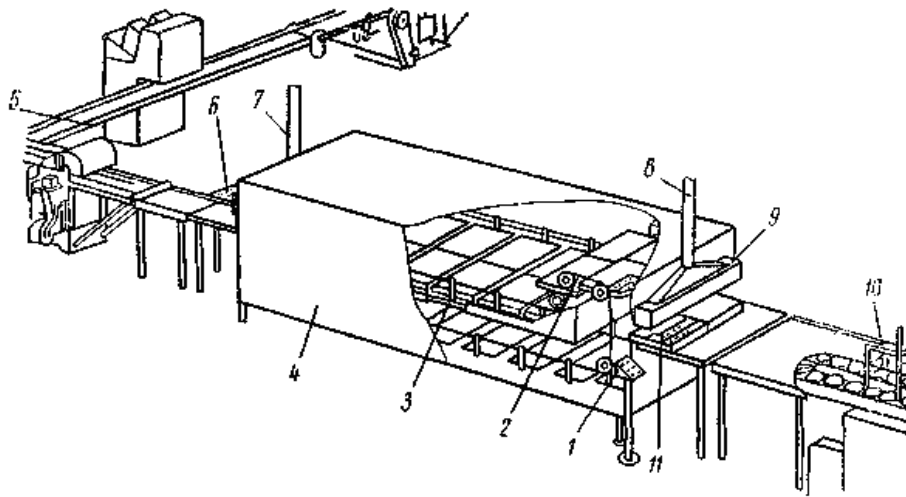


Рисунок 2.53 – Імерсійний апарат для заморожування розфасованих харчових продуктів: 1 – пульт управління; 2 – вантажний конвеєр; 3 – ванна з рідким азотом; 4 – ізолюваний контур; 5 – лінія упакування заморожених продуктів; 6 – розвантажувальний стіл; 7, 8 – витяжні трубопроводи; 9 – приймальний колектор; 10 – фасувальний апарат; 11 – завантажувальний стіл

Потім продукт із вантажного конвеєра передається на розвантажувальний стіл, а з нього на лінію упакування. Газоподібний азот, що утворився при кипінні рідини у ванні, з вантажного відсіку апарата видаляється за допомогою витяжних трубопроводів. Рівень рідкого азоту у ванні автоматично підтримується регулятором. У ванну азот надходить із бака. Апарат компактний, інтенсивний, малоенергомісткий. Процеси розфасування, заморожування й упакування автоматизовані й механізовані.

Переваги: висока інтенсивність заморожування, компактність і простота пристрою.

Недоліки: значна витрата азоту, розтріскування й деформація продукту, підвищений теплоприплив у вантажний відсік через вікно завантаження й вивантаження.

Зменшення витрат рідкого азоту з одночасним скороченням деформації замороженого продукту досягається в **імерсійному апараті з двома зонами охолодження продукту** (рис. 2.54), попереднього заморожування газоподібним азотом та доморожування в рідкому азоті.

Продукт, який необхідно заморозити, конвеєром направляється у вантажний відсік, що складається із зони попереднього охолодження продукту (довжина 5000 мм) та імерсійної зони (довжина 2500 мм).

Продукт конвеєром подається в першу зону, в якій 30...40% тепла відводиться потоком газоподібного азоту. Потім транспортується через ємність із рідким азотом, доморожується й виводиться з апарата. Газоподібний азот видаляється з апарата за допомогою вентилятора й нагнітається в область завантажувального вікна, створюючи завісу на шляху теплого повітря. Витрата рідкого азоту зменшується, але довжина апарата збільшується приблизно в 2 рази порівняно з тим, що заморожує продукт тільки в рідкому азоті.

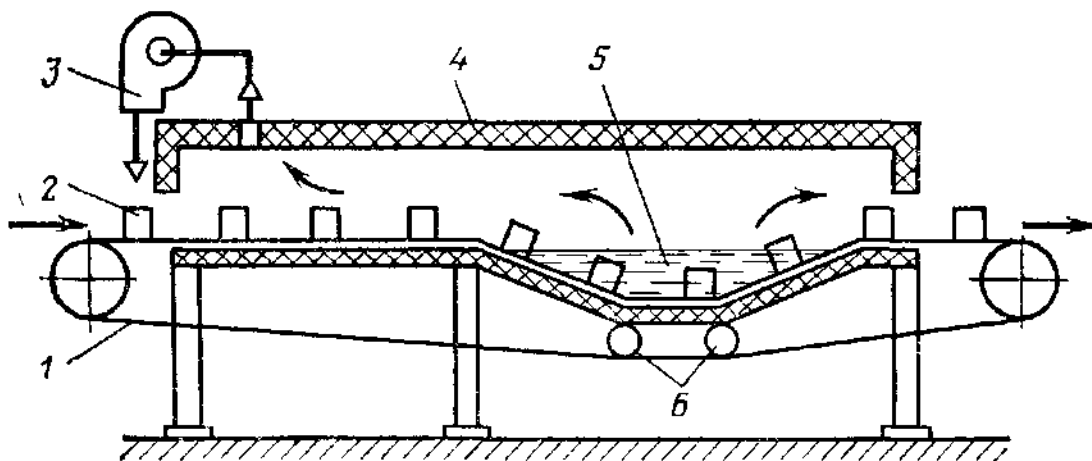


Рисунок 2.54 – Азотний апарат із двома зонами заморожування:
1 – конвеєр; 2 – продукт; 3 – вентилятор; 4 – теплоізоляційна огорожа;
5 – ємність із рідким азотом; 6 – ролики конвеєра, що направляють

У зоні попереднього охолодження продукт обдувається газоподібним азотом, охолоджується й підморожується. Потім продукт повільно занурюється у ванну з рідким азотом, глибина якої 550 мм, а підтримуваний поплавковим регулятором рівень рідкого азоту в ній 300...400 мм. Із ванни заморожений продукт направляється до розвантажувального вікна, через яке видаляється з вантажного відсіку.

Довжина похилих ділянок між ванною й розвантажувальним вікном 900 мм, а між горизонтальною гілкою конвеєра і дном ванни (похила ділянка) – 1800 мм.

Рух газоподібного азоту в зоні попереднього охолодження продукту здійснюється витяжним вентилятором, установленим на входному кінці апарата. Газоподібний азот, який виходить з вентилятора, створює газову завісу біля завантажувального вікна, що зменшує теплоприплив у вантажний відсік. В апараті передбачено два витяжні вентилятори, що працюють поперемінно: один витяжний вентилятор працює, а інший обігрівается теплим повітрям.

Наявність зони попереднього охолодження продукту дозволила поліпшити показники роботи таких апаратів порівняно з імерсійними, у яких її немає. Проте основний недолік, властивий імерсійним апаратам, – підвищена витрата рідкого азоту – і в апаратах із зоною попереднього охолодження, хоча й зменшено, але не усунуто.

Апарати із зануренням продуктів у ванну з рідким азотом можуть застосовуватися для заморожування харчових продуктів в упаковці (рис. 2.55). Такі апарати, установлювані безпосередньо за пакувальними автоматами, складаються з двох вантажних конвеєрів, ванни з рідким азотом, завантажувального й розвантажувального конвеєрів, витяжних трубопроводів для газоподібного азоту, привода й ізольованого контуру.

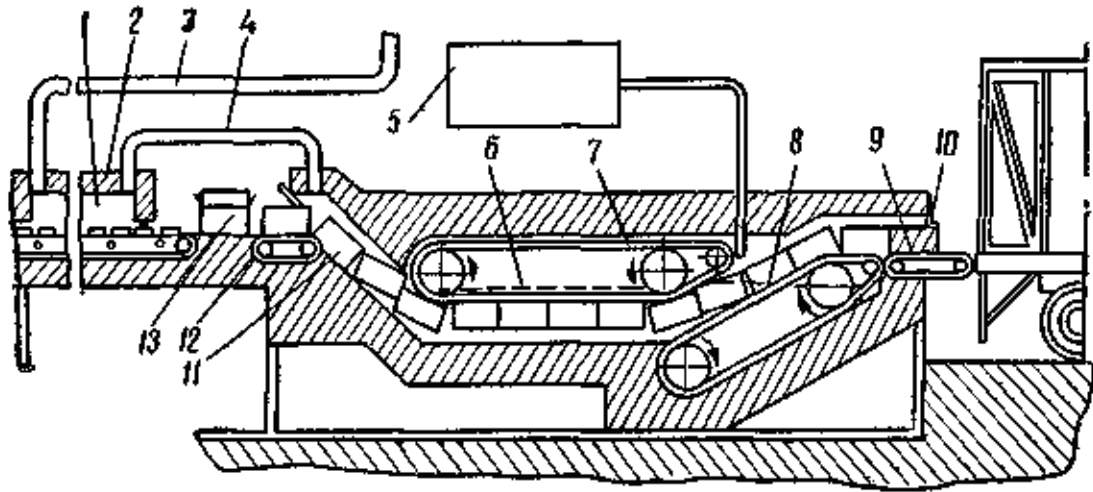


Рисунок 2.55 – Імерсійний апарат для заморожування упакованих продуктів: 1 – камера попереднього охолодження продуктів у пакувальному апараті; 2 – пакувальний апарат; 3 – витяжний трубопровід; 4 – витяжний трубопровід для подачі газоподібного азоту з вантажного відсіку в пакувальний апарат; 5 – бак рідкого азоту; 6 – ванна з рідким азотом; 7, 8 – вантажні конвеєри; 9 – розвантажувальний конвеєр; 10 – розвантажувальне вікно; 11 – жолоб; 12 – завантажувальний конвеєр; 13 – упакований продукт

Із пакувального автомата картонні коробки, що запобігають різкому впливу низьких температур, надходять на завантажувальний конвеєр. Коробки з продуктом зіштовхуються в жолоб для подання продуктів у ванну з рідким азотом. Завантажувальний конвеєр і жолоб є зоною попереднього охолодження продукту. Рухаючись жолобом під дією власної маси, коробки обдуваються вологою парою азоту, що видаляється з ванни, а продукт, що знаходиться в коробках, при цьому охолоджується й підморожується. Рух коробок у вантажному відсіку апарата здійснюється двома конвеєрами, що переміщують коробки з продуктом через ванну з рідким азотом, а потім передають їх на розвантажувальний конвеєр. Через вікно розвантаження продукти видаляються з апарата. Розміри цього вікна мінімальні, внаслідок чого зменшується витік газоподібного азоту з вантажного відсіку апарата.

Рідкий азот подається у ванну трубопроводом із бака, а газоподібний відводиться витяжним трубопроводом спочатку в камеру пакувального автомата, де використовується для попереднього охолодження продуктів перед пакуванням, а потім направляється для охолодження продукту на конвеєрній лінії, що розташована перед пакувальним автоматом.

У щілинах і порах пакувального матеріалу коробки міститься рідкий азот, що не випарувався, а це сприяє збереженню низької температури продукту.

Переваги: у разі заморожування упакованого продукту зменшується шкідливий вплив на нього низьких температур; азот, сорбований пакувальним матеріалом, дозволить транспортувати заморожений продукт ізотермічним транспортом без його охолодження.

Недоліки: підвищена витрата рідкого азоту та складність транспортної системи для переміщення продукту у вантажному відсіку.

Технічна характеристика імерсійних апаратів приведена в табл. 2.19.

Таблиця 2.19 – Технічна характеристика імерсійних апаратів

Показники	Імерсійні апарати		
	для заморожування розфасованих харчових продуктів	з двома зонами охолодження продукту	для заморожування харчових продуктів в упаковці
1	2	3	4
Продуктивність, кг/год	100	300	200
Ємність, кг	6...10	60...80	50...60
Температура, °С середовища, яке відводить тепло замороженого продукту	-196 -20	-196 -20	-196 -20
Тривалість заморожування, хвилин	4...10	10...15	15...20
Габаритні розміри, мм			
довжина	5400	8200	7200
ширина	1800	2100	1840
висота	2300	2800	2100
Маса, кг	1300	2000	1760

Апарати з розпиленням рідкого азоту у вантажному відсіку

У промисловій практиці кріогенного заморожування харчових продуктів найбільше поширені апарати, у вантажному відсіку яких розпилюється рідкий азот. Він може безпосередньо розпорошуватися над продуктом, зрошуючи його (апарати зі зрошенням продукту) чи впорскуватися в потік газоподібного азоту, знижуючи його температуру (апарати із заморожуванням продукту в газоподібному азоті).

Апарати зі зрошенням продуктів рідким азотом можуть мати від двох до трьох зон. У першій зоні відбувається попереднє охолодження й підморожування продукту газоподібним азотом, у другий – заморожування при зрошенні рідким азотом і в третій (якщо вона передбачається) – вирівнювання температури в замороженому продукті. Перша й третя зони складають газову частину апарата.

В апаратах із розпиленням рідкого азоту у вантажному відсіку усунуто багато недоліків, властивих апаратам із зануренням продукту у ванну з рідким азотом.

Доцільність використання апаратів із розпиленням рідкого азоту у вантажному відсіку обумовлюється зниженою витратою рідкого азоту (1...1,2 кг на 1 кг продукту), низькими капітальними витратами, відсутністю металомістких ванн із рідким азотом, невеликими габаритними розмірами й

нескладністю конструкції, можливістю організації безперервності процесу, простотою його автоматизації, можливістю регулювання режимів роботи апарата.

Режим роботи апарата регулюється перемінною швидкістю руху вантажного конвеєра, а також перемінною кількістю кріогенної рідини, яка розпилюється у вантажному відсіку.

Залежно від розташування конвеєра і його виду апарати можна класифікувати на апарати з горизонтальним і похилим розташуванням вантажного конвеєра, а також апарати з гвинтовим конвеєром.

Кріогенний апарат із розпиленням рідкого азоту і горизонтальним розташуванням конвеєра, призначений для заморожування неупакованих дрібноштучних продуктів (рис. 2.56), складається з ізольованого контуру, вантажних конвеєрів, колектора з форсунками для зрошення продуктів рідким азотом, живлячого резервуара, циркуляційних вентиляторів для руху газоподібного азоту, системи нагнітальних каналів для руху та організації циркуляції газоподібного азоту, каналів відведення газу, компенсаційного з'єднання, піддона для рідкого азоту й насоса.

Ізольований контур морозильного апарата виконаний циліндричної форми з подвійними стінками з нержавіючої сталі. Кільцевий простір між стінками ізольованого контуру відвакуумований і служить тепловою (вакуумною) ізоляцією. Залишковий тиск у кільцевому просторі апарата підтримується в межах 150...600 Па за допомогою вакуум-насоса. У металевому корпусі апарата для виключення температурних деформацій передбачені компенсаційні з'єднання.

Із торцевих сторін ізольованого контуру апарата знаходяться кришки з вузькими вікнами для завантаження й вивантаження продукту. Ширина вікон відповідає ширині конвеєрної стрічки, а висота залежить від товщини продуктів, що заморожуються.

У вантажному відсіку апарата для переміщення продуктів знаходяться два вантажні конвеєри: зони попереднього охолодження й зони зрошення. Сітчаста стрічка вантажних конвеєрів виготовлена з нержавіючої сталі. Електричний привід вантажних конвеєрів має пристрій, що дозволяє змінювати швидкість руху конвеєрної стрічки від 1 до 2 м/хв. Вантажні конвеєри можна витягати з ізольованого контуру для миття та чищення.

Колектор із форсунками розташований біля розвантажувального вікна апарата. Циркуляційний вентилятор для руху газоподібного азоту знаходиться на зовнішній стороні ізольованого контуру.

Нагнітальні канали, призначені для рівномірного розподілу газоподібного азоту, дозволяють подавати його до завантажувального й розвантажувального вікон, що запобігає проникненню теплого зовнішнього повітря в апарат. Робота завантажувального й розвантажувального конвеєрів синхронізована з роботою вантажних конвеєрів апарата.

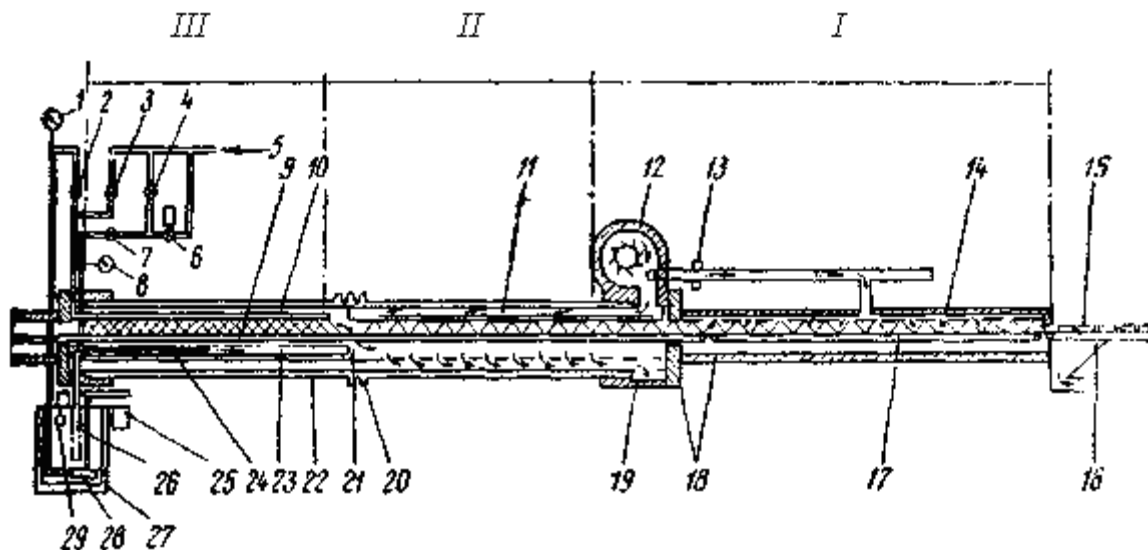


Рисунок 2. 56 – Кріогенний апарат із розпиленням рідкого азоту у вантажному відсіку та горизонтальним розташуванням конвеєра, призначений для заморожування неупакованих дрібноштучних продуктів: 1, 8 – контрольний манометр; 2, 3 – запірний вентиль; 4, 6 – соленоїдний вентиль; трубопровід подачі азоту з бака; 7 – допоміжний соленоїдний вентиль; 9 – вантажний конвеєр зони зрошення; 10 – колектор із форсунками; 11 – нагнітальний канал для газоподібного азоту; 12 – циркуляційний вентилятор для руху газоподібного азоту; 13 – нагнітальний канал для відведення газоподібного азоту в зону попереднього охолодження; 14 – нагнітальний канал розподілу газоподібного азоту; 15 – транспортер завантаження; 16 – канал відведення відпрацьованого газу; 17 – вантажний конвеєр зони попереднього охолодження; 18 – ізольований контур; 19 – всмоктувальний канал вентилятора для руху газоподібного азоту; 20 – компенсаційне з'єднання; 21 – потік газоподібного азоту із зони зрошення рідким азотом у зону циркуляції; 22 – вакуумна теплоізоляція; 23 – піддон для рідкого азоту; 24 – трубопровід для зливу рідкого азоту з піддона; 25 – електродвигун приводу насоса; 26 – фільтр; 27 – живильний резервуар; 28 – насос; 29 – поплавковий регулятор; I – зона попереднього охолодження; II – зона зрошення; III – зона вирівнювання температур

Продукт, що підлягає заморожуванню, подається на стрічку вантажного конвеєра зони попереднього охолодження, де частково охолоджується газоподібним азотом. Охолоджений продукт із вантажного конвеєра зони попереднього охолодження переходить на вантажний конвеєр зони зрошення. У зоні циркуляції газоподібного азоту в міру просування продукт охолоджується та частково підморожується. Потрапляючи в зону зрошення рідким азотом, продукт остаточно заморожується. За допомогою розвантажувального конвеєра він подається на стіл для розфасування та упакування. Під час проходження продукту розвантажувальним конвеєром вирівнюється температура продукту.

Живильний резервуар розташований поза ізольованим контуром апарата.

Рідкий азот із бака через дросельний пристрій подається в живильний резервуар, його рівень підтримується за допомогою датчика рівня та соленоїдного вентиля. Із живильного резервуара рідкий азот попадає в колектор

із форсунками, що направляють його на продукт. Рідкий азот, що не встиг випаруватися, збирається в піддоні і стікає в живильний резервуар для повторного використання.

Переваги: невелика витрата рідкого азоту; зменшення кількості азоту, що йде на заморожування продукту, досягнуто збільшенням зони циркуляції, що привело до збільшення довжини апарата й необхідності застосування двох вантажних конвеєрів.

Зменшення довжини апарата можна досягти збільшенням швидкості руху газоподібного азоту.

Пересувний кріогенний апарат із інтенсивним рухом газоподібного азоту (рис. 2.57) складається з ізольованого контуру, металевої рами, вантажного конвеєра, колекторів із форсунками, циркуляційних вентиляторів для подовжного й поперечного руху газоподібного азоту, бака з рідким азотом, шибєрів для регулювання швидкості руху газоподібного азоту, піддона для збору рідкого азоту, насоса, електродвигунів, привода вантажного конвеєра.

Ізольований контур морозильного апарата виконують із нержавіючої сталі та пінополіуретану товщиною 100 мм. У торцевих стінах апарата розташовані вікна для входу й виходу продукту. Ширина вікон відповідає ширині вантажного конвеєра, а висота – товщині продукту, що заморожується.

Металева рама, на якій збирається морозильний апарат, має ніжки з регульовальними гвинтами. Установлення апарата здійснюється безпосередньо на підлогу приміщення без фундаменту.

Конвеєр апарата приводиться в рух електродвигуном із варіатором швидкостей. Швидкість руху стрічки конвеєра може змінюватися від 2 до 12 м/хв.

Апарат оснащений циркуляційними вентиляторам для подовжного й поперечного руху газоподібного азоту. Витяжний вентилятор для відсмоктування газоподібного азоту розташований із зовнішньої сторони апарата біля завантажувального вікна. За допомогою витяжного вентилятора біля завантажувального вікна створюється газова завіса.

Робота завантажувального й розвантажувального конвеєрів синхронізована з роботою вантажного конвеєра апарата.

Апарат збирається з розбірних секцій, що забезпечує можливість його швидкого монтажу й ремонту.

Рідкий азот із бака, тиск у якому 200...240 кПа, направляється до регулюючого вентиля і далі – до колекторів із форсунками. Частина рідкого азоту, що не встигла випаруватися під час заморожування продукту, збирається в піддоні, з якого рідина насосом перекачується в колектор із форсунками для повторного зрошення продукту.

Продукт, що підлягає заморожуванню, за допомогою завантажувального конвеєра попадає на стрічку вантажного конвеєра. У зоні попереднього охолодження швидкість газоподібного азоту дорівнює 20...30 м/с. Продукт у цій зоні охолоджується та частково підморожується. У зоні зрошення продукту рідким азотом відбувається його остаточне заморожування.

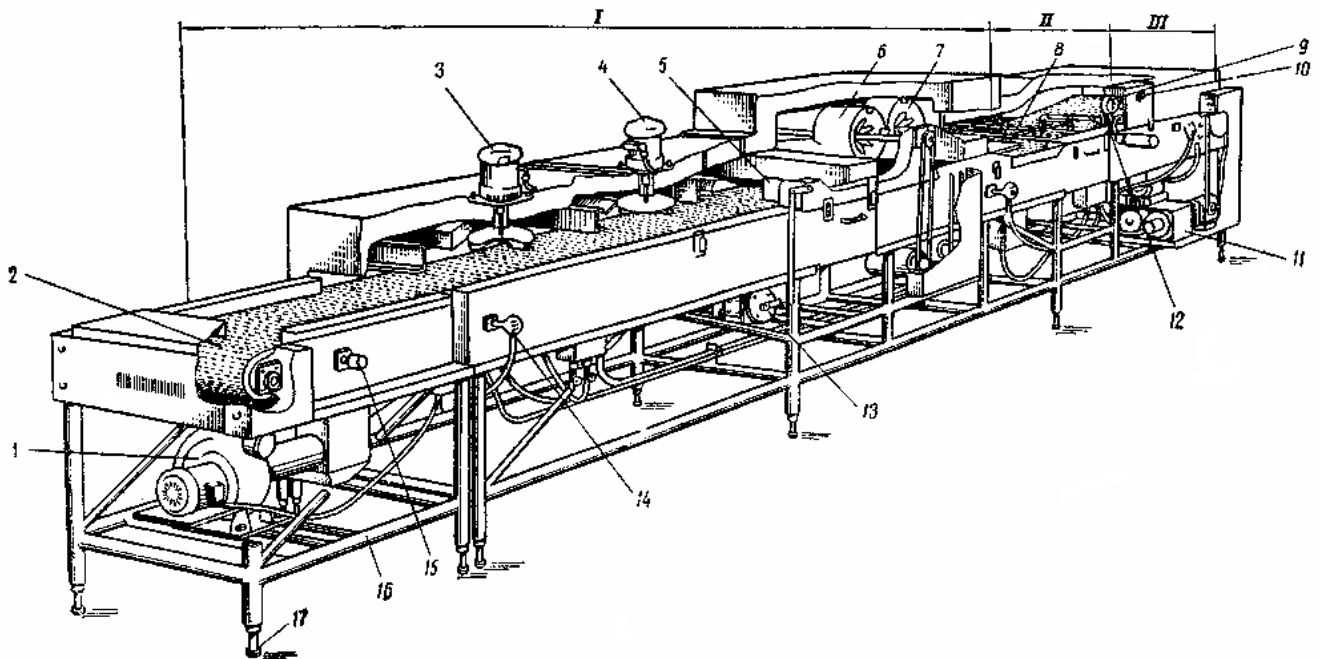


Рисунок 2.57 – Пересувний кріогенний апарат із інтенсивним рухом газоподібного азоту: 1 – витяжний вентилятор; 2 – вантажний конвеєр; 3, 4 – циркуляційні вентилятори для поперечного руху газоподібного азоту; 5 – шибєр; 6, 7 – циркуляційні вентилятори для подовжнього руху газоподібного азоту; 8 – колектор із форсунками; 9 – манометр; 10 – регулювальний вентиль; 11-13 – електродвигуни; 14, 15 – термометри опору; 16 – металева рама; 17 – регулювальні гвинти; I – зона попереднього охолодження; II – зона зрошення; III – зона вирівнювання температур

Розвантажувальним конвеєром заморожений продукт подається на розфасування та упаковання.

Переваги: апарат компактний, легко монтується, простий у експлуатації.

Недоліки: застосування потужних вентиляторів для подовжньої й поперечної циркуляції газоподібного азоту приводить до зростання витрат електроенергії.

Кріогенні апарати з розпиленням азоту у вантажному відсіку й горизонтальним розташуванням конвеєра застосовують і для заморожування пельменів і фрикадельок. При цьому вдало поєднується безперервність виробництва з потоковістю заморожування.

Апарат (рис. 2.58) складається з ізольованого контуру, вантажного конвеєра, циркуляційного вентилятора для руху газоподібного азоту, шибєрів, бака з рідким азотом, системи живлення апарата рідким азотом, колекторів із форсунками для розпилення рідкого азоту, піддона, насоса, пельменного автомата, електродвигуна з варіатором швидкостей.

У торцевих стінках ізольованого контуру знаходяться вікна для входу й виходу стрічки вантажного конвеєра. Ширина вікон відповідає ширині стрічки, а висота – товщині продукту, що заморожується. Стрічка вантажного конвеєра виходить із вантажного відсіку апарата на довжину, достатню для установлення пельменного автомата. На стрічку вантажного конвеєра укладають тістову

трубку з фаршевою начинкою, підморожують її і штампують пельмені з наступним їхнім заморожуванням і вирівнюванням температури. Швидкість руху стрічки вантажного конвеєра змінюється від 2,5 до 5 м/хв. Вантажний конвеєр можна витягти для миття і чищення.

Циркуляційний вентилятор для руху газоподібного азоту розташований у середній частині апарата.

У зоні попереднього охолодження продукту розміщується нагнітальний канал прямокутного перетину довжиною 2,5 м із щілинними соплами. Нагнітальний канал обладнаний двома шиберами, які дозволяють регулювати кількість подаваного газоподібного азоту, що охолоджується рідким азотом, який розпорошується в каналі. Температура охолоджуваного газоподібного азоту, що виходить із щілинних сопел, $-120...-130^{\circ}\text{C}$.

Рідкий азот із бака (місткістю 15 м^3), розташованого поза апаратом, через дросельний пристрій подається в колектори з форсунками, що мають спеціальні гвинти для регулювання подачі й розпилення рідкого азоту.

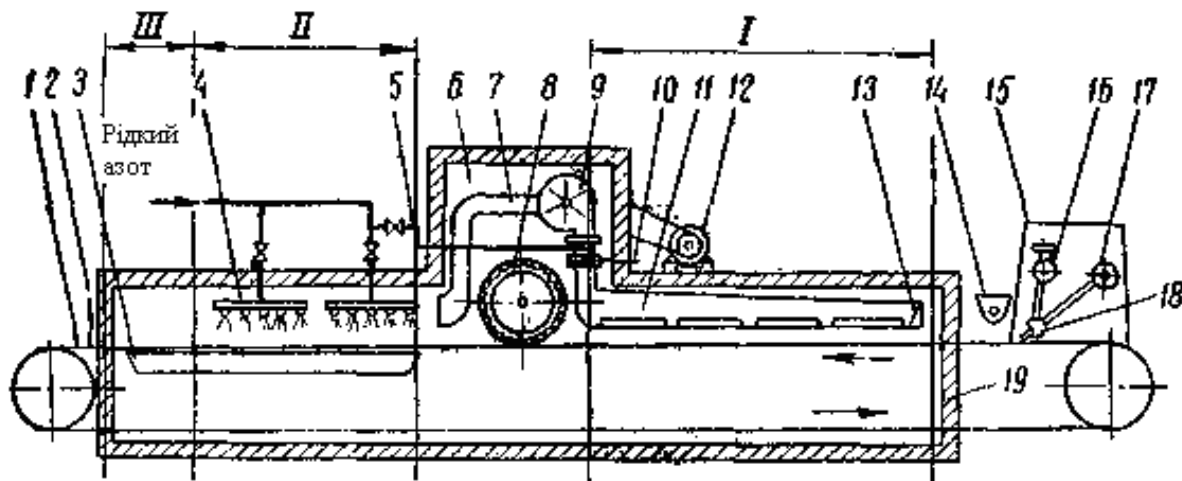


Рисунок 2.58 – Криогенний апарат для заморожування пельменів:
 1 – стрічка вантажного конвеєра; 2 – шторка; 3 – піддон; 4 – колектор із форсунками для розпилення рідкого азоту; 5 – трубопровід для подачі рідкого азоту в нагнітальний канал із щілинними соплами; 6 – надбудова над вантажним відсіком; 7 – всмоктувальний канал; 8 – штампувальний барабан; 9 – циркуляційний вентилятор; 10 – шибер; 11 – нагнітальний канал із щілинними соплами; 12 – електродвигун; 13 – поворотна заслінка; 14 – пристрій для посипання мукою тістової трубки; 15 – корпус пельменного апарата; 16 – тістовий колектор; 17 – фаршевий колектор; 18 – філь'єра для отримання тістової трубки з фаршевою начинкою; 19 – ізольований контур; I – зона попереднього охолодження; II – зона зрошення; III – зона вирівнювання температур

Для збору надлишкового рідкого азоту встановлений піддон, з якого рідкий азот перекачується насосом у колектори з форсунками для повторного використання.

Виходячи з пельменного автомата, тістові трубки, начинені фаршем, лягають на сталеву стрічку вантажного конвеєра. Спочатку вони

охолоджуються газоподібним азотом, а потім направляються до штампувального барабана, що формує пельмені, які направляються в зону зрошення рідким азотом. Заморожені пельмені проходять зону вирівнювання температури й видаляються з апарата для розфасування та упакування.

Переваги: апарат дозволяє організувати безупинне потокове виробництво заморожених пельменів.

Недоліки: висока вартість заморожування пельменів, можливість заморожування продукту тільки одного виду.

У кріогенному апараті П-подібної форми з горизонтальним розташуванням конвеєра, призначеному для заморожування упакованих і неупакованих продуктів, транспортер завантаження використовується для попереднього охолодження продукту, а транспортер розвантаження – для вирівнювання температури замороженого продукту (рис. 2.59).

До складу апарата входять транспортери завантаження й розвантаження, вантажний і проміжний конвеєри, колектор із форсунками, витяжний вентилятор, система нагнітальних каналів подачі газоподібного азоту, шибер, ізольований контур, вакуум-насос і електродвигуни.

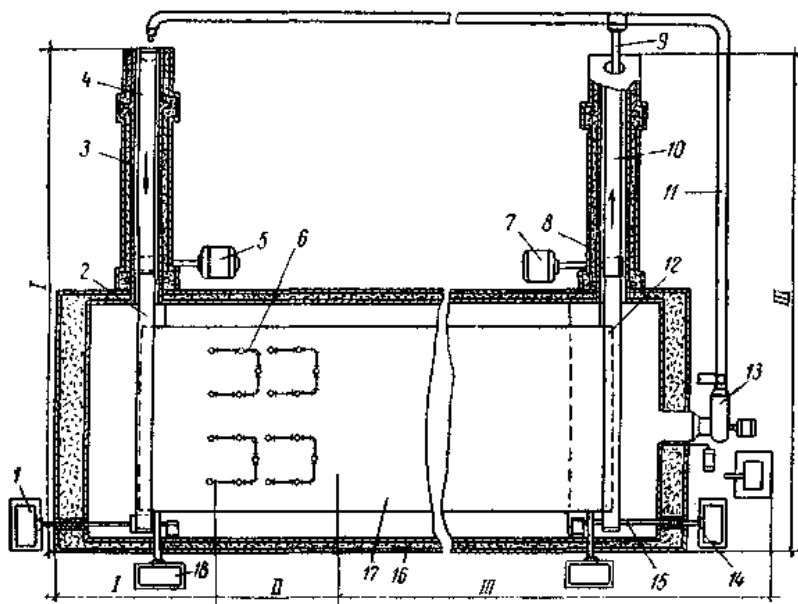


Рисунок 2.59 – Кріогенний апарат для заморожування продуктів: 1, 14 – електродвигуни приводу проміжного конвеєра; 2, 12 – проміжні конвеєри; 3 – завантажувальний конвеєр; 4 – транспортер завантаження; 5 – електродвигун транспортера завантаження; 6 – колектор з форсунками; 7 – електродвигун транспортера розвантаження; 8 – розвантажувальний тунель; 9 – нагнітальний канал подачі газоподібного азоту; 10 – транспортер розвантаження; 11 – нагнітальний канал подачі газоподібного азоту; 13 – витяжний вентилятор; 15 – вантажний відсік; 16 – ізольований контур; 17 – вантажний конвеєр; 18 – електродвигун приводу вантажного конвеєра; I – зона попереднього охолодження; II – зона зрошення; III – зона вирівнювання температур

Апарат має П-подібну форму. До однієї з бічних сторін вантажного відсіку апарата примикають тунелі, у яких знаходяться завантажувальний і розвантажувальний транспортери. Поперечний переріз тунелів має прямокутну форму з мінімальними розмірами вікон для зменшення теплоприпливу в апарат. Ізоляція тунелів виконана з багатошарового поліуретану.

Ізольований контур вантажного відсіку апарата в поперечному перерізі має форму тора. Простір між зовнішньою та внутрішньою обичайками відвакумовано і він є тепловою ізоляцією вантажного відсіку. Зовнішня обичайка виконана зі звичайної конструкційної сталі, а внутрішня – з нержавіючої.

У завантажувальний і розвантажувальний тунелі витяжним вентилятором, що у цьому апараті є циркуляційним, нагнітальними каналами подачі газоподібного азоту направляється холодний газ. Температура газу в тунелях -20...-30°C. У вантажному відсіку апарата знаходиться вантажний конвеєр, на якому проводиться зрошення продукту рідким азотом. У вантажний відсік апарата рідкий азот подається з бака трубопроводом. Тиск рідкого азоту в трубопроводі й колекторі з форсунками, що розпорошують азот, 103 кПа.

Верхня й нижня перегородки вантажного відсіку, різко зменшуючи поперечний живий перетин, дозволяють (за порівняно невеликої кількості циркулюючого газоподібного азоту) створити високу швидкість руху газу без застосування циркуляційних вентиляторів.

Із вантажного відсіку газ направляється до відсмоктувального вентилятора. Газовий потік, що виходить із вентилятора, частково направляється в завантажувальний і розвантажувальний тунелі, а частково витяжним трубопроводом виходить у атмосферу.

Кількість циркулюючого газоподібного азоту регулюється шиббером, установленим біля відсмоктувального вентилятора.

Продукт, що підлягає заморожуванню, транспортером завантаження направляється у відповідний тунель, де він, обдуваючись азотом, охолоджується. Охолоджений продукт передається на перший проміжний конвеєр, яким він направляється у вантажний відсік апарата. Потрапляючи на вантажний конвеєр, продукт надходить у зону зрошення, а потім направляється в ту частину апарата, де з великою швидкістю рухається холодний газ. У цих зонах продукт заморожується. У той час, коли продукт рухається проміжним конвеєром і транспортером розвантаження, відбувається вирівнювання температури в його обсязі. Якщо продукт не розфасований і не упакований, то він направляється до відповідного автомата.

Переваги: компактність, відсутність циркуляційних вентиляторів, знижені витрати електроенергії на створення руху газоподібного азоту в циркуляційному кільці.

Недоліки: складність транспортної системи, призначеної для переміщення продукту під час його заморожування.

У кріогенних апаратах, у яких продукт, що заморожується, безпосередньо зрошується азотом, важко заморожувати продукти, що мають підвищені габаритні розміри (готові блюда, великокускове м'ясо та ін.). Такі продукти розтріскуються й деформуються за швидкого заморожування рідким азотом, незважаючи на

наявність у апаратах зони попереднього охолодження. Збільшення часу перебування великокускових продуктів у зоні попереднього охолодження приводить до зростання довжини вантажного відсіку, чи (за зменшення швидкості руху вантажного конвеєра) до різкого зниження продуктивності апарата.

Тому великокускові продукти доцільно заморожувати в газоподібному азоті за його багаторазової циркуляції. У таких апаратах рідкий азот за атмосферного тиску подається в потік газоподібного холодильного агента, у якому рідина, випаровуючись, знижує температуру газу.

Кріогенний апарат для заморожування великокускових продуктів у середовищі газоподібного азоту складається з вантажного конвеєра, транспортерів завантаження й розвантаження, тунелів завантаження й розвантаження, охолоджувальних батарей, трубопроводу подачі рідкого азоту, циркуляційних вентиляторів, нагнітальних каналів із соплами, витяжних трубопроводів для відведення відпрацьованого газоподібного азоту, приводу вантажного конвеєра та ізолюваного контуру.

Вантажний відсік морозильного апарата змонтований із чотирьох секцій. Дві секції утворюють зону попереднього охолодження продукту, третя секція є зоною заморожування, а четверта – зоною вирівнювання температури.

Ізолюваний контур апарата складається з листів армованого скловолокна (зовнішня обшивка), пінополіуретану (теплоізоляція) і листів нержавіючої сталі (внутрішня обшивка). Із торцевих сторін вантажного відсіку апарата знаходяться завантажувальний і розвантажувальний тунелі з відповідними транспортерами. У вантажному відсіку апарата встановлений вантажний конвеєр, сітчаста стрічка якого виконана з нержавіючої сталі. Швидкість руху вантажного конвеєра може регулюватися варіатором швидкостей у широких межах. На сітчастій стрічці вантажного конвеєра заморожуються великокускові продукти, що в зоні заморожування обдуваються холодним газоподібним азотом.

Охолоджувальна батарея виконана у вигляді змійовика з відкритим верхнім кінцем. В охолоджувальну батарею рідкий азот подається за допомогою соленоїдного вентиля, керованого датчиком температури.

Виходячи з верхнього відкритого кінця змійовика, рідкий азот випаровується, а газоподібний азот, що утворився, циркуляційним вентилятором направляється в нагнітальний канал із соплами. Газоподібний азот, швидкість руху якого 30...35 м/с, обдуває великокусковий продукт, переміщуваний сітчастою стрічкою вантажного конвеєра. Після цього газоподібний азот надходить у нижню частину вантажного відсіку і далі направляється до батареї для охолодження.

Рух газоподібного азоту в зонах попереднього охолодження й вирівнювання температури також здійснюється циркуляційними вентиляторами, нагнітальними каналами із соплами. У ці зони газоподібний азот перетікає із зони заморожування через спеціальні вікна, розташовані між секціями.

Для регулювання кількості азоту, що перетікає, вікна обладнані шиберами, керування якими дистанційне (вручну чи автоматично) залежно від

температури газоподібного азоту в зонах. У першій секції температура газоподібного азоту -17...-45°C, у другій -45...-128°C, а в третій - 156...-184°C.

Із вантажного відсіку апарата відпрацьований газоподібний азот витяжним трубопроводом потрапляє в атмосферу.

В апараті відсутній витяжний вентилятор. Оскільки у вантажному відсіку підтримується надлишковий тиск газоподібного азоту, проникнення теплого зовнішнього повітря у нього виключено.

Переваги: апарат компактний, інтенсивний, у ньому можна заморожувати як дрібноштучні, так і великокускові продукти.

Недоліки: підвищена металоємність через необхідність установлення охолоджувальної батареї; збільшені енергетичні витрати на привід циркуляційних вентиляторів; збільшена порівняно з апаратами, у яких відбувається зрошення продуктів рідким азотом, усушка.

Технічна характеристика кріогенних апаратів із горизонтальним розташуванням вантажного конвеєра приведена в табл. 2.20.

Таблиця 2.20 – Технічна характеристика кріогенних апаратів

Показники	Кріогенні апарати з горизонтальним розташуванням вантажного конвеєра				
	для заморожування неупакованих дрібноштучних продуктів	пересувний із інтенсивним рухом газоподібного азоту	для заморожування пельменів та фрикаделок	п-подібної форми для заморожування упакованих та неупакованих продуктів	для заморожування великокускових продуктів
Продуктивність, кг/год	450...1820	130...1300	200...300	100	600
Ємність, кг	100...400	40...450	20...30	10...15	40...60
Температура, °C середовища, яке відводить тепло замороженого продукту	-196 -20	-196 -20	-196 -20	-196 -20	-196 -20
Тривалість заморожування, хвилин	3...15	5...20	4...6	2...6	6...15
Габаритні розміри, мм					
довжина	10360...14450	7850...16000	12400	4800	12000
ширина	1450...2130	1120...1660	1200	1850	4200
висота	1780...4540	1560...1630	1450	2300	2400
Маса, кг	1360...4540	1800...3400	1200	1670	1850

Кріогенний апарат із похилим розташуванням конвеєра для заморожування неупакованих продуктів (рис. 2.60), складається з похилого вантажного конвеєра, збірних ізольованих контурів, колектора з форсунками, циркуляційних і витяжних вентиляторів, електродвигуна приводу вантажного конвеєра, газозбирача.

Ізольований контур апарата монтується зі збірних секцій. Залежно від виду замороженого продукту і продуктивності можна змінити кількість збірних секцій, що входять до складу апарата. Кожна секція в перетині П-подібної форми, причому її верхня частина знімна, що дозволяє обслуговувати й ремонтувати будь-який вузол вантажного конвеєра. Зазори між секціями ущільнюються прокладками з ніфлону з внутрішньої сторони вантажного відсіку і прокладками з вінілу з зовнішньої сторони.

У вантажному відсіку знаходиться похилий вантажний конвеєр, що приводиться до руху електродвигуном через варіатор швидкостей, що дозволяє змінювати швидкість руху стрічки вантажного конвеєра від 2 до 6 м/хв. Завантаження вантажного конвеєра продуктом відбувається в нижній частині вантажного відсіку, а вивантаження – у верхній.

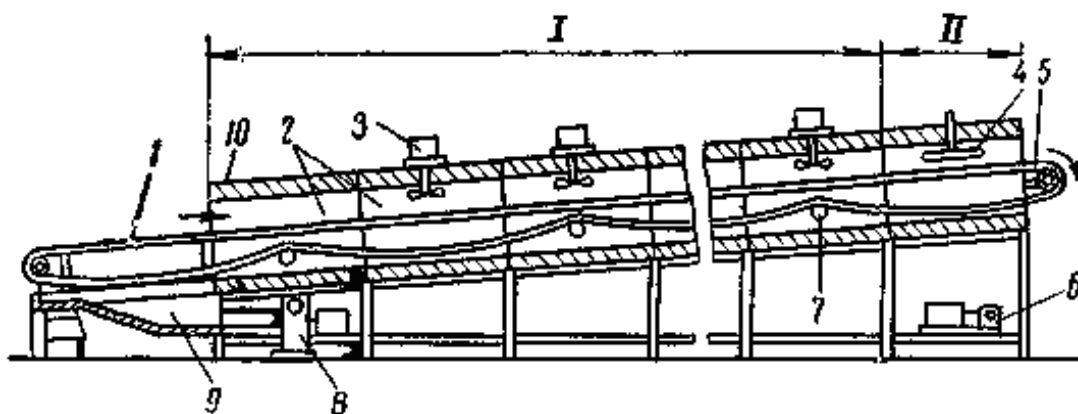


Рисунок 2.60 – Кріогенний апарат із похилим розташуванням вантажного конвеєра, призначений для заморожування неупакованих продуктів:
1 – вантажний конвеєр; 2 – збірні секції; 3 – циркуляційний вентилятор;
4 – колектор із форсунками; 5 – ведучий барабан; 6 – електродвигун приводу вантажного конвеєра; 7 – несучі ролики; 8 – витяжний вентилятор;
9 – газозбирач; 10 – ізольований контур; I – зона попереднього охолодження; II – зона зрошення

У вантажному відсіку знаходиться похилий вантажний конвеєр, що приводиться в рух електродвигуном через варіатор швидкостей, що дозволяє змінювати швидкість руху стрічки вантажного конвеєра від 2 до 6 м/хв. Завантаження вантажного конвеєра продуктом виробляється в нижній частині вантажного відсіку, а вивантаження – у верхній.

У зоні зрошення знаходиться колектор із форсунками, призначеними для розпилення рідкого азоту, що подається трубопроводом із бака.

Кількість рідкого азоту регулюється так, що б він цілком випарувався, зрошуючи продукт, який заморожується. Газоподібний азот утворюється при випарі рідини.

Рух газу проводиться індивідуальними циркуляційними вентиляторами, що знаходяться в кожній збірній секції. Рух газоподібного азоту зі швидкістю 25...30 м/с відбувається тільки у верхній зоні вантажного відсіку, розділеного перегородками збірних П-подібних секцій на дві частини.

Газоподібний азот, опускаючись похилим вантажним відсіком, збирається в газозбирачі, потім відпрацьований азот видаляється витяжним вентилятором, що створює газову завісу біля завантажувального вікна. Газова завіса запобігає попаданню теплового повітря у вантажний відсік апарата, а також охолоджує продукт, що надходить на заморожування.

Вантажний конвеєр спочатку направляє продукт у зону попереднього охолодження. У цій зоні продукт, що обдувається холодним газоподібним азотом, охолоджується й підморожується. Надходячи у верхню частину вантажного відсіку, продукт швидко заморожується й виводиться з апарата для упакування.

Переваги: раціональна схема збору й видалення відпрацьованого газоподібного азоту, простота монтажу, ремонту й обслуговування, можливість заморожування різноманітного асортименту продуктів.

Недоліки: відсутність зони вирівнювання температури.

Кріогенний апарат із похилим розташуванням конвеєра та перфорованим лотком призначений для заморожування різноманітних дрібноштучних продуктів. Особливістю конструкції є спеціальний перфорований лотік, довжина якого дорівнює довжині вантажного конвеєра, а також застосування спеціального бака для зрошення продукту рідким азотом (рис. 2.61).

Апарат складається з ізольованого контуру, циркуляційних вентиляторів, похилого вантажного конвеєра, перфорованого лотка, верхнього й нижнього баків із рідким азотом, насоса для перекачування азоту, електродвигуна й варіатора швидкостей для привода, вантажного конвеєра.

Ізольований контур апарата збирається з панелей. У вантажному відсіку є зони попереднього охолодження, зрошення й вирівнювання температури.

У зонах попереднього охолодження й вирівнювання температури для створення руху газоподібного азоту встановлені циркуляційні вентилятори, що разом із відбивачами й перегородками забезпечують інтенсивне й рівномірне обдування сітчастої стрічки похилого вантажного конвеєра. Сітчаста стрічка вантажного конвеєра виготовлена з нержавіючої сталі. Навантажена продуктом стрічка вантажного конвеєра спирається на перфорований лотік і ковзає по ньому. Перфорований лотік поділяє вантажний відсік апарата на верхню та нижню частини. Він виготовлений із листової сталі з великою кількістю отворів, через які може проходити як рідкий азот, так і потік холодного газу, що рухається.

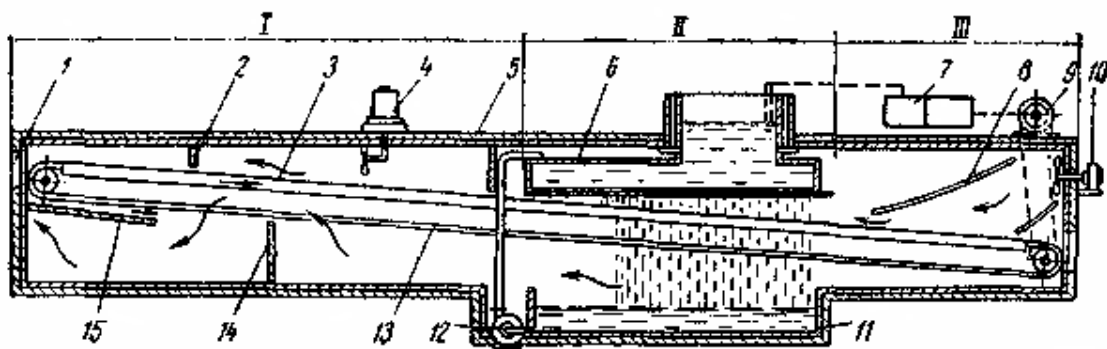


Рисунок 2.61 – Кріогенний апарат із похилим розташуванням вантажного конвеєра та перфорованим лотком: 1 – вікно завантаження; 2 – перегородка для зміни напрямку потоку газоподібного азоту; 3 – перфорований лотік; 4 – циркуляційний вентилятор; 5 – ізолюваний контур; 6 – верхній бак із рідким азотом; 7 – пульт управління; 8 – відбивачі; 9 – електродвигун і варіатор швидкостей для приводу вантажного конвеєра; 10 – циркуляційний вентилятор; 11 – нижній бак із рідким азотом; 12 – насос для перекачування азоту; 13 – вантажний конвеєр; 14, 15 – перегородки; I – зона попереднього охолодження; II – зона зрошення; III – зона вирівнювання температур. Стрілки показують напрямок руху газового потоку у вантажному відсіку

У зоні зрошення встановлений бак, у який подається рідкий азот. Бак служить для безупинного зрошення продукту, що транспортується вантажним конвеєром через цю зону апарата. Дно бака складається з двох металевих листів, нерухомого та рухливого. На цих листах є багато співвісних отворів. Під час зсуву листів змінюється живий перетин отворів, а отже, і щільність зрошення продукту рідким азотом, яка обрана так, що частина рідини, що зрошує продукт, не випаровується. Ця рідина стікає в нижній бак, що є піддоном. Із нижнього бака рідина насосом перекачується у верхній.

Змінюючи щільність зрошення продукту рідким азотом і швидкість руху вантажного конвеєра, можна регулювати продуктивність апарата і режим холодильної обробки дрібноштучних продуктів. В апараті створюється надлишковий тиск газоподібного азоту. Відпрацьований газоподібний азот видаляється з вантажного відсіку через вікна завантаження й вивантаження, створюючи газову завісу.

Продукт охолоджується й підморожується в зоні попереднього охолодження. Рясно змочуючись рідким азотом, він швидко заморожується в зоні зрошення. У зоні вирівнювання температури з поверхні замороженого продукту випаровується надлишкова рідина, а потім відбувається вирівнювання температури в його обсязі. Заморожений продукт направляється на розфасування й упакування.

Переваги: надійна робота вантажного конвеєра, рівномірне зрошення рідким азотом продукту, що заморожується, раціональна організація руху азоту в газовій частині апарата, простота конструкції.

Недоліки: збільшена витрата рідкого азоту.

Технічна характеристика кріогенних апаратів із похилим розташуванням вантажного конвеєра приведена в табл. 2.21.

Таблиця 2.21 – Технічна характеристика кріогенних апаратів із похилим розташуванням вантажного конвеєра

Показники	Кріогенні апарати з похилим розташуванням вантажного конвеєра	
	для заморожування неупакованих продуктів	для заморожування дрібноштучних продуктів
Продуктивність, кг/год	400...800	800
Ємність, кг	40...80	40...50
Температура, °C		
середовища, яке відводить тепло	-196	-196
замороженого продукту	-20	-20
Тривалість заморожування, хв.	6...10	3...5
Габаритні розміри, мм		
довжина	1200	13200
ширина	1400	1650
висота	1800	3200
Маса, кг	1700	2100

Як транспортний засіб у кріогенних морозильних апаратах можна використовувати гвинтові конвеєри. У таких апаратах відсутні циркуляційні вентилятори, своєрідно вирішується завдання подачі кріогенної рідини у вантажний відсік. Застосування гвинтового конвеєра спрощує транспортну систему апарата, дозволяє легко вирішити питання завантаження й розвантаження. В апаратах немає пристроїв, призначених для натягу стрічки конвеєра, а відсутність його зворотної гілки та привідних барабанів дозволяє виконати вантажний відсік апарата дуже компактним.

Кріогенні апарати з гвинтовим конвеєром дозволяють заморожувати продукти, що подаються навалом. Під час заморожування такі продукти не мнуться, а злиплі шматки в процесі транспортування відокремлюються.

У вантажному відсіку апарата гвинтовий конвеєр може розташовуватися не тільки похило, але й вертикально.

Кріогенний апарат із похилим гвинтовим конвеєром (рис. 2.62) складається з ізольованого контуру, підставок, похилого гвинтового конвеєра, електродвигуна з приводом, завантажувального й розвантажувального вікон, форсунок, бака з рідким азотом і розширювальними камерами.

Між внутрішньою та зовнішньою обшивками ізольованого контуру покладена теплоізоляція. Внутрішня обшивка виготовлена з листової нержавіючої сталі, а зовнішня – з листового алюмінію чи нержавіючої сталі. У верхній частині ізольованого контуру є кришка, що забезпечує доступ до

внутрішніх вузлів апарата. В ізолюваному контурі знаходиться похилий гвинтовий конвеєр. Щоб частинки продукту, що заморожується, не прилипали до конвеєра та внутрішньої обшивки, їхні поверхні покриті шаром ніфлону. Варіатор швидкостей дозволяє змінювати частоту обертання гвинта конвеєра.

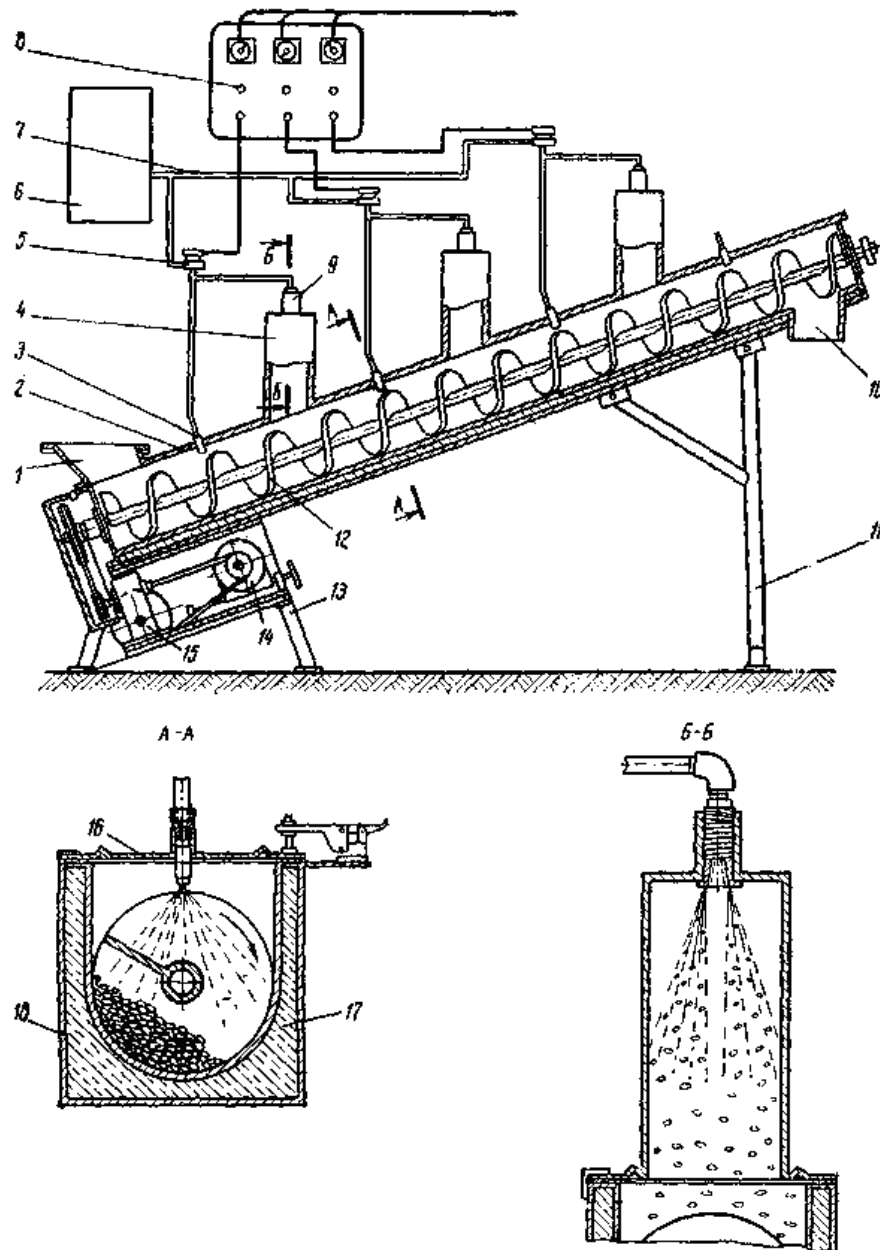


Рисунок 2.62 – Кріогенний апарат із похилим гвинтовим конвеєром:
 1 – завантажувальне вікно; 2 – ізолюваний контур; 3 – форсунки;
 4 – розширювальна камера; 5 – соленоїдний вентиль; 6 – бак з рідким азотом;
 7 – трубопровід; 8 – пульт управління; 9 – форсунка; 10 – розвантажувальне вікно;
 11, 13 – підставки; 12 – похилий гвинтовий конвеєр; 14 – електродвигун;
 15 – варіатор швидкостей; 16 – кришка; 17 – теплоізоляція; 18 – зовнішня обшивка ізолюваного контуру

Завантажувальне вікно призначене для надходження продукту в апарат. Із нього заморожений продукт видаляється через розвантажувальне вікно, яке знаходиться на верхньому кінці ізолюваного контуру.

По всій довжині ізолюваного контуру в безпосередній близькості від гвинтового похилого конвеєра розташовані форсунки. Рідкий азот у них подається трубопроводами з бака. Між форсунками, а також по всій довжині ізолюваного контуру установлені розширювальні камери зі своїми форсунками, змонтованими на деякій відстані від похилого гвинтового конвеєра. Розпилений у розширювальній камері рідкий азот перетворюється на газ. У результаті комбінованої подачі азоту у вантажний відсік продукт спочатку зрошується рідким азотом, а потім обдувається газоподібним. Подача рідкого азоту до форсунок проводиться за допомогою соленоїдних вентилів. Газоподібний азот можна використовувати для попереднього охолодження й вирівнювання температури продукту, коли він знаходиться на транспортерах завантаження та розвантаження.

Продукт, попередньо охолоджений на транспортері завантаження, через вікно попадає у вантажний відсік апарата. Переміщуючись похилим гвинтовим конвеєром, він поперемінно або зрошується рідким азотом, або обдувається газом, що забезпечує його швидке заморожування. Заморожений продукт через вікно зсипається на транспортер розвантаження, на якому відбувається вирівнювання його температури.

Переваги: апарат компактний, конструкція його проста, можна заморожувати продукти навалом. Унаслідок відсутності в апараті циркуляційних вентиляторів значно скорочується витрата електроенергії.

Недоліки: підвищена витрата рідкого азоту, що пояснюється нераціональним використанням газоподібного азоту порівняно з апаратом із інтенсивним рухом газу.

У кріогенних апаратах із вертикальним гвинтовим конвеєром (рис. 2.63) рух газоподібного азоту здійснюється за допомогою каналів і автоматичних заслінок. Апарат складається з циліндричного ізолюваного контуру, вертикального гвинтового конвеєра, електродвигуна приводу вертикального гвинтового конвеєра, завантажувального й розвантажувального тунелів, каналів для циркуляції та відведення газоподібного азоту, обладнаних автоматичними заслінками, бака з рідким азотом.

Ізолюваний контур морозильного апарата має циліндричну форму. У простір між внутрішньою та зовнішньою металевими обичайками покладена теплоізоляція. У вантажному відсіку розташований вертикальний гвинтовий конвеєр. Пустотілий гвинт цього конвеєра приводиться в рух електродвигуном через конічну зубчасту передачу. У вантажний відсік апарата продукт попадає через завантажувальний тунель, а видаляється з нього через розвантажувальний. У тунелях установлені перегородки, що перешкоджають проникненню теплого повітря у вантажний відсік, а також виходу газоподібного азоту назовні. Під час проходження замороженого продукту тунелями перегородки піднімаються, пропускаючи його, а потім знову опускаються.

Продукт зрошується рідким азотом, що впорскується через пустотілий гвинт із отворами. У цей гвинт рідкий азот надходить із бака трубопроводом, на якому розташований регулювальний вентиль.

Зрошення продукту рідким азотом проводиться через отвір, що знаходиться на нижній спіральній площині гвинта. Залежно від кількості подаваного азоту температуру регулюють датчиком, що знаходиться в каналі для циркуляції газоподібного азоту.

Напрямок руху газоподібного азоту в апараті змінюється автоматичними засувками, установленими на каналах для циркуляції й відведення газоподібного азоту.

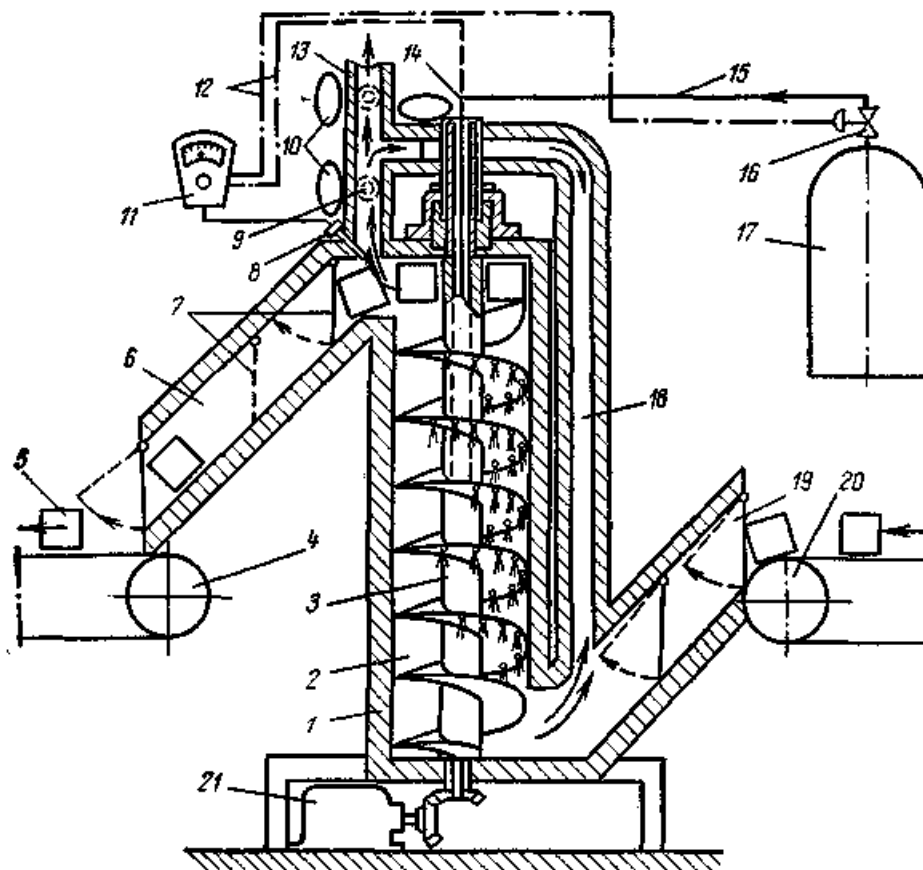


Рисунок 2.63 – Кріогенний апарат із вертикальним гвинтовим конвеєром:
 1 – циліндричний ізований контур; 2 – вантажний відсік; 3 – вертикальний гвинтовий конвеєр; 4 – транспортер розвантажування; 5 – заморожений продукт; 6 – розвантажувальний тунель; 7 – перегородки, які піднімаються; 8 – датчик температури; 9, 18 – канал для циркуляції газоподібного азоту; 10 – автоматична заслінка; 11 – регулятор температури; 12 – лінія зв'язку; 13 – канал відведення газоподібного азоту; 14 – патрубок подачі рідкого азоту в пустотілий гвинт; 15 – трубопровід подачі рідкого азоту до пустотілого гвинта; 16 – регулювальний вентиль; 17 – бак із рідким азотом; 19 – завантажувальний тунель; 20 – транспортер завантаження; 21 – електродвигун приводу гвинтового конвеєра. Стрілки показують напрямок руху газового потоку

Транспортером завантаження продукт направляється до відповідного тунелю. Скочуючись у вантажний відсік апарата, продукт попередньо охолоджується газоподібним азотом і попадає на вертикальний гвинтовий конвеєр. Знаходячись на ньому, продукт безупинно зрошується рідким азотом, заморожується й направляється в розвантажувальний тунель, де відбувається вирівнювання температури замороженого продукту. Транспортером розвантаження продукт переміщається для упакування й укладання в тару.

Переваги: апарат компактний, малоенергоємний, конструкція його проста.

Недоліки: підвищені витрати рідкого азоту.

Такі апарати використовують для швидкого заморожування м'ясних продуктів, готових блюд, а також для загартовування морозива.

Технічна характеристика кріогенних апаратів із гвинтовим конвеєром приведена в табл. 2.22.

Таблиця 2.22 – Технічна характеристика кріогенних апаратів із гвинтовим конвеєром

Показники	Значення	
	Кріогенні апарати з гвинтовим конвеєром	
	похилим	вертикальним
Продуктивність, кг/год	300	250
Ємність, кг	50...100	30
Температура, °С		
середовища, яке відводить тепло	-196	-196
замороженого продукту	-20	-20
Тривалість заморожування, хв.	10...20	10...20
Габаритні розміри, мм		
довжина	6000	3200
ширина	1100	1350
висота	3600	3500
Маса, кг	1280	1200

2.5.2. Основи розрахунку апарата з розпиленням рідкого азоту у вантажному відсіку

Під час розрахунку кріогенного апарата з розпиленням рідкого азоту у вантажному відсіку, якщо задані продуктивність апарата, вид і розміри продукту, що заморожується, початкова й кінцева температури продукту, необхідно визначити тривалість перебування продукту у вантажному відсіку; ємність апарата; площу поверхні стрічки вантажного конвеєра; довжину вантажного конвеєра; габаритні розміри ізольованого контуру; теплове навантаження; загальні витрати рідкого азоту й надлишкову кількість рідкого азоту, що зрошує продукт; кількість форсунок; питому витрату рідкого азоту; продуктивність вентилятора, що відсмоктує; кількість газоподібного азоту, що

рухається в зоні попереднього охолодження; кількість газоподібного азоту, що рухається в зоні вирівнювання температур.

Тривалість перебування продукту у вантажному відсіку апарата знаходять із залежності

$$\tau_a = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3, \quad (2.152)$$

де τ_3 – тривалість перебування продукту в зоні вирівнювання температури, с.

Тривалість заморожування продукту до кріоскопічної температури в зоні попереднього охолодження можна визначити за формулою Планка (2.153)

$$\tau = \frac{q_3 \rho \ell}{t_{кр} - t_c} \left[R\ell/\lambda + P \left(\frac{1}{\alpha} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} \right) \right] \times 10^3, \quad (2.153)$$

де ℓ – товщина продукту, м;

R, P – коефіцієнти, залежні від співвідношень шарів упаковки з товщиною δ_i ;

$\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}$ – сума термічних опорів шарів упаковки з товщиною δ_i ;

λ_i – коефіцієнти теплопровідності шарів упаковки.

Величини коефіцієнтів R і P знаходять за довідковими даними залежно від відношення довжини і ширини одиничного продукту до його товщини.

Кількість тепла, що відводиться від продукту за його холодильної обробки в зоні попереднього охолодження q_{3l} , залежить від його виду, а також від початкової та кріоскопічної температур.

Температуру середовища, яке відводить тепло (газоподібного азоту) у зоні попереднього охолодження, розраховують за рівнянням

$$t_{cl} = (t_e - t_o)/2, \quad (2.154)$$

де t_e – температура відпрацьованого газоподібного азоту, що видаляється із зони попереднього охолодження, величиною якої необхідно задаватися, °C (-20...-30°C).

Щоб визначити τ_1 , знаходять коефіцієнт тепловіддачі від продукту до газоподібного азоту.

Критерій Нуссельта для умов теплообміну продукту й газоподібного азоту в зоні попереднього охолодження розраховують за формулою

$$Nu = 0,0296 Re^{0,8} Pr^{0,43}. \quad (2.155)$$

Під час визначення значення критерію Рейнольдса, що входить у рівняння (2.155), швидкість руху газоподібного азоту в зоні попереднього охолодження варто задати ($w'=20\ldots35$ м/с), а за визначальний розмір прийняти еквівалентний діаметр одиничного продукту, що заморожується в кріогенному апараті.

Тривалість доморожування продукту в зоні зрошення τ_2 також знаходиться за формулою Планка. Кількість тепла, що відводиться від продукту за його доморожування в зоні зрошення q_{32} , залежить від кінцевої температури замороженого продукту. Температура середовища, яке відводить тепло середовища в зоні зрошення, дорівнює температурі кипіння рідкого азоту в зоні зрошення t_0 . Коефіцієнт тепловіддачі від продукту до рідкого азоту, що зрошує продукт, знаходиться за формулою

$$\alpha_2 = 25,06 \lambda'' \left(\frac{c'' \Delta t_a}{r} \right)^{-0,6} \left(\frac{\rho' - \rho''}{\sigma'} \right)^{0,5}, \quad (2.156)$$

де λ'' – теплопровідність газоподібного азоту, Вт/(м·К);
 c'' – питома теплоємність газоподібного азоту, Дж/(кг·К);
 Δt_a – різниця температур між продуктом, що поступає в зону зрошування, і киплячим азотом °С;
 ρ' – густина рідкого азоту, кг/м³;
 ρ'' – густина насиченої пари азоту за температури кипіння, кг/м³;
 σ' – поверхневий натяг рідкого азоту, Н/м.

Формула (2.156) справедлива для умов

$$0,2 < \frac{c'' \Delta t_a}{r} < 2,4.$$

Тривалість перебування продукту в зоні вирівнювання температур τ_3 рівна тривалості заморожування продукту до кріоскопічної температури в зоні попереднього охолодження, тобто $\tau_3 = \tau_1$. Якщо за умовами проектування необхідно зменшити довжину апарата, то приймають $\tau_3 = (0,5 \ldots 0,75) \tau_1$ або взагалі відмовляються від зони вирівнювання температур у апараті, вважаючи $\tau_3 = 0$.

Місткість апарата або масу продукту, що знаходиться на стрічці вантажного конвеєра, визначають за формулою (2.157)

$$G = G' \cdot \tau. \quad (2.157)$$

Площу поверхні стрічки вантажного конвеєра розраховують за рівнянням

$$F_{KH} = G/g, \quad (2.158)$$

де F_{KH} – площа стрічки вантажного конвеєра, м²;
 g_f – маса продукту, що розміщується на 1 м² поверхні стрічки вантажного конвеєра, кг/м².

Довжину вантажного конвеєра знаходять за формулою

$$L_{KH} = F_{KH}/B_{KH}, \quad (2.159)$$

де B_{KH} – ширина вантажного конвеєра, м.

За габаритними розмірами знаходять зовнішню теплопередавальну поверхню ізолюваного контуру. Залежно від її величини знаходиться теплоприплив Q_1 .

Довжину ізолюваного контуру розраховують за рівнянням

$$L_a = L_{KH} + D_{\delta} + 2\delta_i + 2\delta_z, \quad (2.160)$$

де L_a – довжина ізолюваного контуру апарата, м;
 D_{δ} – діаметр барабана вантажного конвеєра, м;
 δ_i – товщина шару ізоляційного матеріалу, м;
 δ_z – зазор між барабаном і торцевою стінкою ізолюваного контуру, м.

Ширину ізолюваного контуру визначають за формулою

$$B_a = B_K + 2\delta_i + 2\delta'_z, \quad (2.161)$$

де B_a – ширина ізолюваного контуру, м;
 δ'_z – зазор між вантажним конвеєром і бічною стінкою ізолюваного контуру, м.

Висоту ізолюваного контуру визначають за формулою

$$H_a = D_{\delta} + h_{\delta} + \delta''_z + \delta'''_z + \delta''''_z + 2\delta_i, \quad (2.162)$$

де H_a – висота ізолюваного контуру, м;
 h_{δ} – розмір циркуляційного вентилятора по висоті ізолюваного контуру, м;
 $\delta''_z + \delta'''_z + \delta''''_z$ – зазори між циркуляційним вентилятором та стрічкою вантажного конвеєра, між циркуляційним вентилятором та верхньою кришкою ізолюваного контуру, між зворотною гілкою вантажного конвеєра та нижньою кришкою ізолюваного контуру, м.

Теплове навантаження знаходять за формулою

$$Q_o = a_{\partial.n} \cdot Q_1 + Q_2 + Q_4, \quad (2.163)$$

де $a_{\partial.n} = 1, 4 \dots 1, 5$.

Для кріогенних апаратів Q_4 орієнтовно приймають $(0,1 \dots 0,15)Q_2$.

Загальну витрату рідкого азоту знаходять за формулою

$$G_{az} = Q'_a / r, \quad (2.164)$$

де G_{az} – загальна витрата рідкого азоту, кг/с;
 $Q'_a = G' \cdot q_{32}$ – теплове навантаження, що відводиться рідким азотом під час доморожування продукту в зоні зрошування, Вт;
 q_{32} – кількість тепла, що відводиться від заморожуваного продукту в зоні зрошування, Дж/кг.

Теплове навантаження, яке можна відвести газоподібним азотом, визначають за рівнянням

$$Q''_a = Q_o - Q'_a, \quad (2.165)$$

де Q''_a – теплове навантаження, яке можна відвести газоподібним азотом, Вт.

Дійсне теплове навантаження, що відводиться газоподібним азотом, знаходять з виразу

$$Q''_{a.d.} = G_a \cdot c(t_z - t_o), \quad (2.166)$$

де $Q''_{a.d.}$ – дійсне теплове навантаження, що відводиться газоподібним азотом, Вт;
 t_z – температура газоподібного азоту, що йде з вантажного відсіку апарату °С.

Якщо $Q''_{a.d.} = Q''_a$ (розходження не повинно перевищувати $\pm 10\%$), значить попередньо прийняті умови роботи кріогенного апарата (температура відпрацьованого газоподібного азоту, видаленого з апарата, а також можливість заморожування продукту в зоні попереднього охолодження до кріоскопічної температури) при знайденій за формулою загальній витраті азоту G_{az} були вибрані правильно.

Якщо $Q''_{a.d.} \neq Q''_a$, то, змінюючи загальну витрату азоту (методом послідовного наближення), добиваються рівності між $Q''_{a.d.}$ та Q''_a за нового значення $G_{az.d.}$ (дійсна витрата рідкого азоту в апараті, кг/с).

В апараті можна передбачити подачу на зрошення продукту надлишкової кількості рідкого азоту з наступною рециркуляцією рідини, яка не випарувалася з допомогою насоса. У цьому випадку надлишкова кількість рідкого азоту, який зрошує продукт (який подається до колектора з форсунками), складе

$$G_{az.n} = G_{az.d.} \cdot n, \quad (2.167)$$

де $G_{az.n}$ – надлишкова кількість рідкого азоту, який зрошує продукт, кг/с ($n=1, 1.5 \dots 1.2$).

Кількість форсунок для апарата з надлишковою кількістю рідкого азоту, що зрошує продукт, складе

$$n_{\phi} = \frac{G_{аз.н}}{g_{\phi}}, \quad (2.168)$$

де n_{ϕ} – кількість форсунок, шт.;
 g_{ϕ} – продуктивність однієї форсунки, кг/с;

Кількість форсунок для апаратів без рециркуляції рідкого азоту складе

$$n_{\phi} = \frac{G_{аз.д}}{g_{\phi}}. \quad (2.169)$$

Питому витрату рідкого азоту визначають за формулою

$$g_a = \frac{G_{аз.д}}{G'}, \quad (2.170)$$

де g_a – питома витрата рідкого азоту, кг/кг.

Продуктивність відсмоктуючого вентилятора

$$V'_{о.в.} = G_{аз.д} \cdot v_z, \quad (2.171)$$

де $V'_{о.в.}$ – продуктивність відсмоктуючого вентилятора, м³/с;
 v_z – питомий об'єм газоподібного азоту, що видаляється відсмоктуючим вентилятором (знаходиться за температури t_o), м³/кг.

Кількість газоподібного азоту, який рухається в зоні попереднього охолодження, складе

$$V'_{a.n} = F_{з.н} \cdot w', \quad (2.172)$$

де $V'_{a.n}$ – кількість газоподібного азоту, який рухається в зоні попереднього охолодження, м³/с;
 $F_{з.н}$ – живий перетин зони попереднього охолодження для проходження газоподібного азоту, м²;
 w' – швидкість руху газоподібного азоту в зоні попереднього охолодження, м/с.

Кількість газоподібного азоту, який рухається в зоні вирівнювання температури, визначають за формулою

$$V'_{a.g} = F_{з.г} \cdot w'', \quad (2.173)$$

де $V'_{a.g}$ – кількість газоподібного азоту, який рухається в зоні вирівнювання температури, м³/с;
 $F_{з.г}$ – живий перетин зони вирівнювання температури для проходу газоподібного азоту, м²;
 w'' – швидкість руху газоподібного азоту в зоні вирівнювання температури, м/с.

Розрахувавши аеродинамічний опір у циркуляційному каналі зони попереднього охолодження та знаючи кількість рухомого газоподібного азоту $V'_{a.n}$, можна підібрати циркуляційні вентилятори, обслуговуючі цю зону.

Аналогічно підбирають циркуляційні вентилятори, обслуговуючі зону вирівнювання температури.

Для підбору вентилятора, що відсмоктує, необхідно розрахувати аеродинамічний опір системи відведення газоподібного азоту і продуктивність вентилятора, що відсмоктує.

За формулою (2.174) проводиться розрахунок потужності електродвигунів для усіх вентиляторів

$$Ne = \frac{V_e \Delta P}{\eta}, \quad (2.174)$$

де Ne – потужність електродвигунів, кВт;
 ΔP – аеродинамічний опір під час руху повітря в циркуляційному кільці, Па;
 η – ККД вентилятора.

2.5.3. Вуглекислотні апарати

Дрібноштучні продукти можуть заморожуватися в середовищі, що відводить тепло, яке складається із суміші газоподібної та дрібнодисперсної твердої вуглекислоти (сухого льоду), що за атмосферного тиску, а саме такий тиск і має місце у вантажних відсіках вуглекислотних апаратів, може знаходитися в газоподібному чи в твердому стані. Суміш газоподібної та твердої вуглекислоти (тверда фаза нагадує звичайний сніг) отримується з рідкої вуглекислоти, що дроселюється у вантажний відсік апарата.

У вантажному відсіку така суміш за допомогою циркуляційних вентиляторів рухається з великою швидкістю (25...35 м/с), обдуваючи продукти, що заморожуються. Продукт, що знаходиться в потоці суміші, заморожується внаслідок конвективного й контактного теплообміну. У вантажному відсіку вуглекислотного апарата рухається суміш, що складається (за об'ємом) зі сніжної маси (50%) і газоподібної вуглекислоти (50%). Таке співвідношення об'ємів виходить у випадку, якщо температура суміші у вантажному відсіку -65...-73°C. За більш низької температури тверда вуглекислота не встигає сублімувати, і надлишки твердої фази, що утворюються, у вигляді щільної

сніжної маси осідають на дно вантажного відсіку, утруднюючи роботу апарата. Робочий запас рідкої вуглекислоти знаходиться в баці (за температури -18°C та тиску 3000 кПа). У вантажний відсік рідина впорскується за допомогою форсунок спеціальної конструкції, розташованих на колекторах, що з'єднані з баком системою трубопроводів.

Під час роботи вуглекислотного апарата автоматично підтримують оптимальну температуру суміші у вантажному відсіку, щоб виключити засмічення форсунок.

Вуглекислотні апарати застосовують для заморожування дрібноштучних харчових продуктів (котлети, біфштекси, кускове м'ясо та ін.).

Вуглекислотний апарат для заморожування кулінарних виробів (рис. 2.64) складається з ізолюваного контуру, трьохсекційного вантажного конвеєра, електропривода з варіатором швидкостей, циркуляційних вентиляторів, колекторів із форсунками, бака з рідкою вуглекислотою.

У вантажний відсік апарата продукти надходять на завантажувальному конвеєрі, розташованому біля торцевої стіни ізолюваного контуру. Продукт заморожується на трисекційному вантажному конвеєрі, що має електричний привід із варіатором швидкостей, що дозволяє змінювати швидкість вантажного конвеєра від 2 до 6 м/хв. Стрічки трисекційного вантажного конвеєра виготовлені з нержавіючої сталі й обдуваються сумішшю, що складається з газоподібної та твердої вуглекислоти.

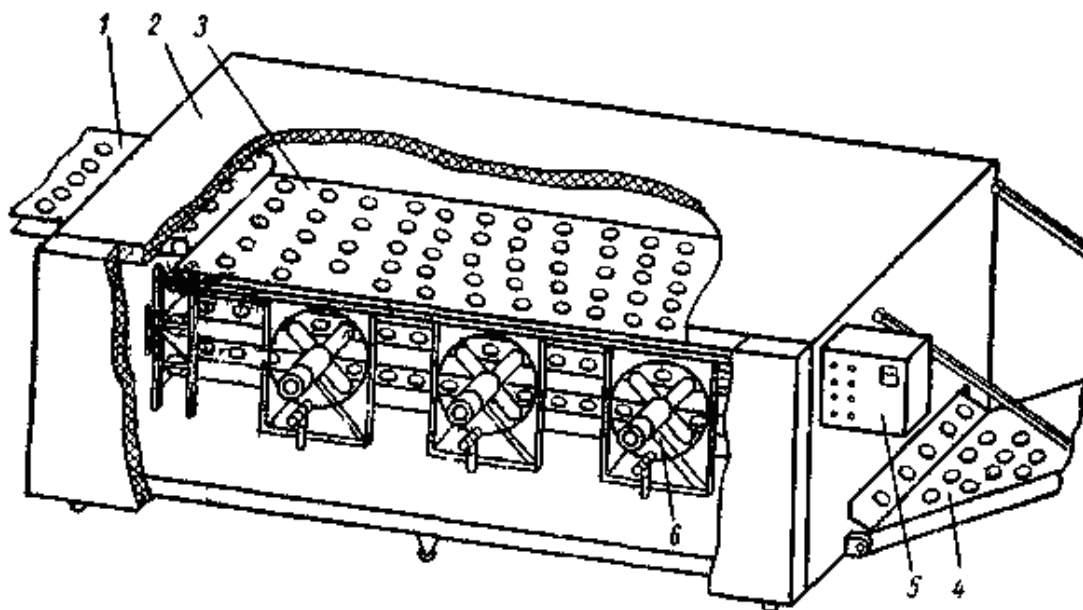


Рисунок 2.64 – Вуглекислотний апарат для заморожування кулінарних виробів: 1 – завантажувальний конвеєр; 2 – ізолюваний контур; 3 – верхня секція вантажного конвеєра; 4 – розвантажувальний конвеєр; 5 – пульт; 6 – циркуляційні вентилятори з колекторами

Рух суміші у вантажному відсіку апарата здійснюється трьома циркуляційними вентиляторами. Напрямок руху суміші – поперечний відносно трисекційного вантажного конвеєра. Швидкість руху суміші 30 м/с.

Суміш газоподібної та твердої вуглекислоти отримують з рідкої вуглекислоти, що знаходиться в баку. Рідка вуглекислота за допомогою колекторів і форсунок впорскується у вантажний відсік апарата. Температура суміші у вантажному відсіку апарата підтримується автоматично.

Схема автоматичного регулювання температури показана на рис. 2.65.

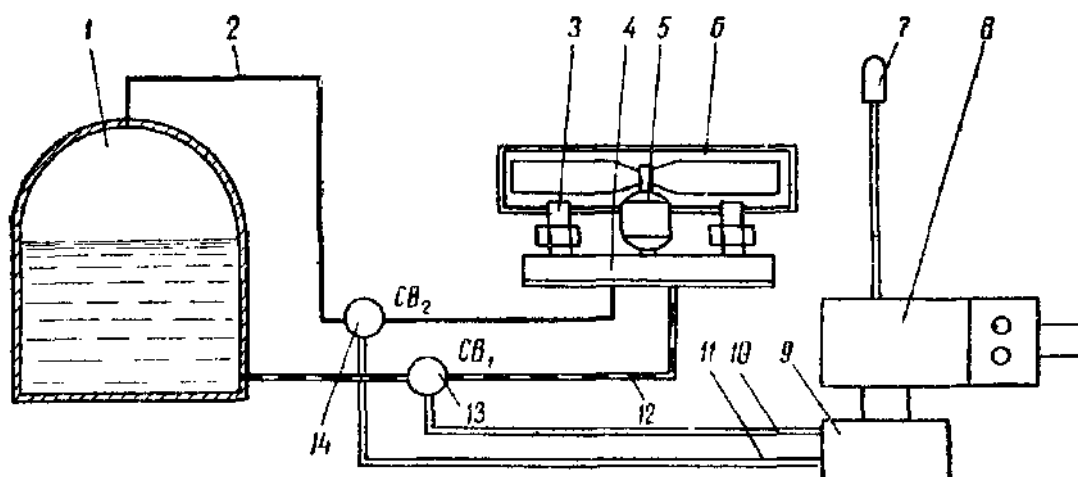


Рисунок 2.65 – Схема автоматичного регулювання температури суміші вуглекислотного апарата для заморожування кулінарних виробів: 1 – бак; 2 – газовий трубопровід; 3 – форсунка; 4 – колектор; 5 – циркуляційний вентилятор; 6 – камера циркуляційного вентилятора; 7 – датчик температури; 8 – регулятор температури; 9 – реле часу; 10, 11 – лінії зв'язку; 12 – рідинний трубопровід; 13, 14 – соленоїдні вентилялі

Автоматичне регулювання температури суміші проводиться за допомогою регулятора температури, реле часу, а також двох соленоїдних вентилів. Соленоїдний вентиль CB_1 установлений на рідинному трубопроводі, а CB_2 – на газовому трубопроводі.

Якщо у вантажному відсіку апарата температура суміші досягає своєї нижньої межі, тобто мінус 73°C , то регулятор температури впливає на соленоїдний вентиль CB_2 , і він відкривається. Одночасно з цим від імпульсу регулятора температури закривається соленоїдний вентиль CB_1 , припиняючи надходження рідкої вуглекислоти з бака. Протягом визначеного часу реле залишає соленоїдний вентиль CB_2 відкритим; у колекторах і форсунках підтримується високий тиск (3000 кПа), що гарантує також видалення рідкої вуглекислоти із системи у вантажний відсік і продувку форсунок газом.

Після закінчення установленого часу реле закриває і соленоїдний вентиль CB_2 . Коли температура суміші у вантажному відсіку зростає до мінус 65°C , регулятор температури відкриває соленоїдний вентиль CB_2 . Тиск у колекторах і форсунках зростає, і форсунки знову продуваються газом. Реле часу закриває соленоїдний вентиль CB_2 і відкриває соленоїдний вентиль CB_1 забезпечуючи подачу рідкої вуглекислоти до форсунок.

Із завантажувального транспортера продукт попадає на верхню секцію вантажного конвеєра. Із неї продукт, що заморожується, передається на середню за допомогою передавальної пластини. Аналогічно продукт переходить на нижню секцію вантажного конвеєра. Заморожений продукт передається на похилий розвантажувальний транспортер за допомогою якого, він направляється до транспортера пакувального автомата.

Переваги: апарат простий і надійний у роботі, має малу металоємність, швидко монтується й добре компанується до технологічних ліній із виробництва заморожених кулінарних виробів. Всі основні процеси автоматизовані й механізовані.

Недоліки: підвищені витрати електроенергії на привід циркуляційних вентиляторів, що створюють рух суміші з високою щільністю.

Технічна характеристика вуглекислотного апарата для заморожування кулінарних виробів приведена в табл. 2.23.

Таблиця 2.23 – Технічна характеристика вуглекислотного апарата

Показник	Значення
Продуктивність, кг/год	800
Ємність, кг	200
Температура, °С	
середовища, яке відводить тепло	-73
замороженого продукту	-20
Тривалість заморожування, хвилин	20...40
Габаритні розміри, мм	
довжина	12000
ширина	2400
висота	3000
Маса, кг	2800

2.5.4. Апарати для заморожування продуктів холодоносіями

Конструкція апаратів заморожування продуктів холодоносіями проста, вони інтенсивні й відрізняються малою метало- й енергоємністю. Оскільки в апараті немає летучого середовища, відсутня необхідність герметизації вантажного відсіку, що спрощує завантаження й розвантаження.

Апарати для заморожування продуктів холодоносіями застосовують для холодильної обробки риби, перцю, баклажанів, а також дрібноштучних продуктів.

Апарат для заморожування дрібноштучних продуктів (фрикадельки, пельмені) холодоносієм (рис. 2.66) складається з ізольованого контуру, ванни з холодоносієм, перфорованих лопастей, що обертаються, завантажувальної лійки, вібруючих сит, зрошувача, електроприводу.

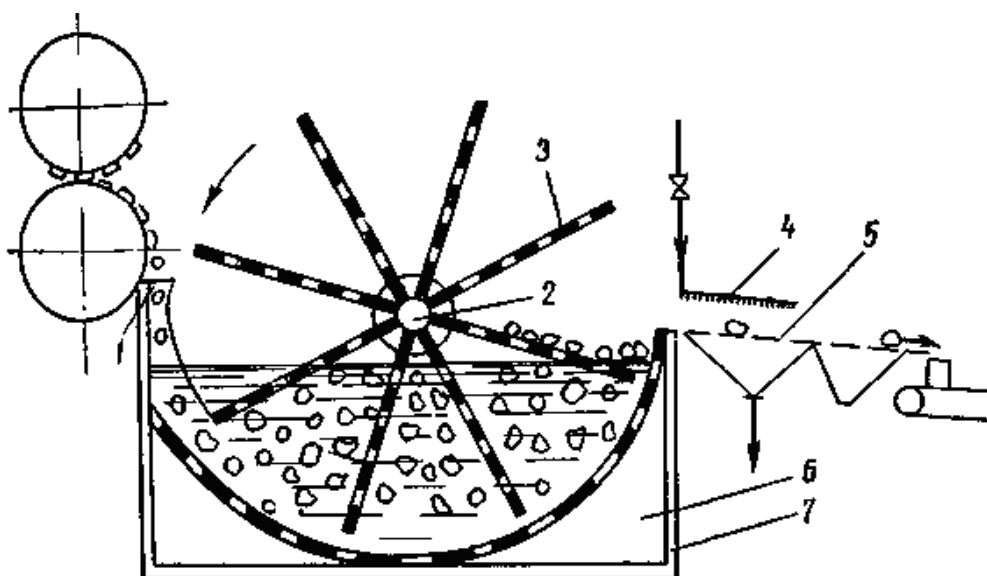


Рисунок 2.66 – Апарат для заморожування дрібноштучних продуктів холодоносієм: 1 – завантажувальна лійка; 2 – пустотілий вал; 3 – перфоровані лопаті; 4 – зрошувач; 5 – вібруюче сито; 6 – ванна з холодоносієм; 7 – ізолюваний контур

Кришка ізолюваного контуру виготовлена знімною для санітарної обробки вантажного відсіку апарата. У ньому знаходиться ванна з холодоносієм (розчин хлористого натрію), що подається у ванну через пустотілий вал із закріпленими обертовими перфорованими лопастями. Під час заморожування продукту він нагріває холодоносіє. Із ванни опланий холодоносіє видаляється через спеціальний зливальний патрубок. Рух холодоносія в апараті і трубопроводах, що з'єднують апарат із випарником, здійснюється насосом.

У вантажний відсік продукт попадає через завантажувальну лійку й видаляється обертовими перфорованими лопастями. Вібруюче сито і зрошувач, через який на продукт подається вода, призначені для видалення рідкого холодоносія із замороженого продукту. Час перебування продукту в апараті залежить від частоти обертання перфорованих лопатей, що за допомогою привода (звичайно варіатора швидкостей чи змінних шестерень) змінюється від 0,005 до 0,05 с⁻¹.

Через завантажувальну лійку продукт, що заморожується, попадає у вантажний відсік апарата. Обертові перфоровані лопаті переміщують продукт у ванні з холодоносієм. Продукт, занурений у холодоносіє, заморожується і надходить на вібруюче сито. Для видалення плівки холодоносія поверхня продукту зрошується водою. Заморожений продукт направляється до транспортера розвантаження, потім на розфасування й подальше упакування.

Конструкція апарата проста й надійна в роботі. Застосування в якості холодоносія розчину хлористого натрію не дозволяє зменшити температуру середовища, яке відводить тепло, нижче -20°C, що збільшує тривалість заморожування дрібноштучних продуктів в апараті.

Своєрідно улаштований **барабанний апарат** для заморожування **дрібноштучних неупакованих продуктів**, що можуть надходити навалом (рис. 2.67). Апарат складається з ізольованої ванни, трьох барабанів зі спіральними перфорованими напрямними, електродвигуна, варіатора швидкостей, завантажувальної лійки й розвантажувального транспортера.

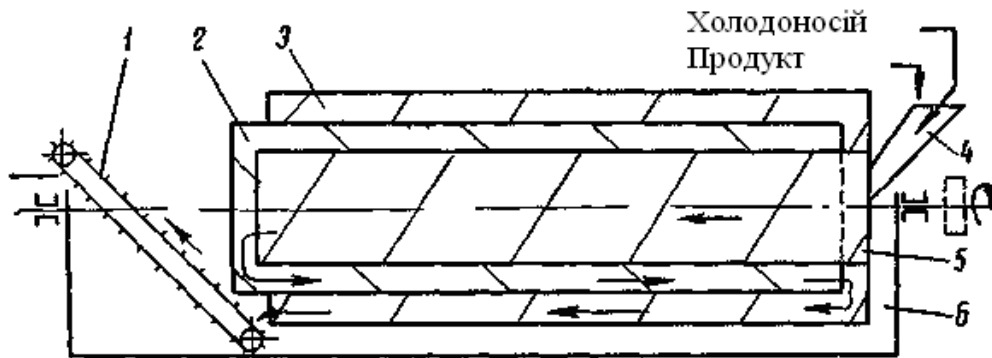


Рисунок 2.67 – Барабанний апарат для заморожування продуктів холодоносієм: 1 – розвантажувальний транспортер; 2 – середній барабан; 3 – зовнішній барабан; 4 – завантажувальна лійка; 5 – внутрішній барабан; 6 – ізольована ванна з холодоносієм. Стрілки показують напрямок руху дрібноштучних продуктів

Ванна апарата ізольована пінополіуретаном. У ній знаходяться три барабани, що повільно обертаються електродвигуном через варіатор швидкостей. На внутрішній поверхні барабанів є спіральні перфоровані напрямні, призначені для організації спрямованого руху дрібноштучних продуктів. Продукти разом із холодоносієм надходять у апарат через завантажувальну лійку. Отеплений холодоносієм видаляється з ванни через патрубок. Холодоносієм (хлористий натрій) охолоджується у випарнику холодильної установки. Рух холодоносія по циркуляційному колу «апарат – випарник – апарат» проводиться насосом. Перед надходженням у випарник холодоносієм проходить через фільтр для очищення від забруднень, що попадають під час контакту з продуктом, який заморожується. З ізольованої ванни продукти, заморожені в апараті, видаляються розвантажувальним транспортером.

Продукт разом із охолодженим холодоносієм надходить у внутрішній барабан через завантажувальну лійку та рухається уздовж його осі в бік розвантажувального транспортера. Пройшовши внутрішній барабан, продукт і холодоносієм переходять у середній барабан, де також рухаються уздовж осі, але вже в протилежному напрямку. Із зовнішнього барабана заморожений продукт зсипається в комірки розвантажувального транспортера, за допомогою якого направляється для розфасування та упакування.

Переваги: простота конструкції, надійність роботи, нескладність експлуатації.

Недоліки: підвищені витрати нержавіючої сталі для виготовлення вузлів апарата і деконцентрація холодоносія, що безпосередньо стикається з вологим повітрям.

Технічна характеристика апаратів для заморожування продуктів холодоносієм приведена в табл. 2.25.

Таблиця 2.25 – Технічна характеристика апаратів для заморожування продуктів холодоносієм

Показники	Значення	
	Апарат для заморожування дрібноштучних продуктів	Барабанний апарат
Продуктивність, кг/год	200	200
Ємність, кг	100	100
Температура, °С середовища, яке відводить тепло замороженого продукту	-20 -15	-20 -15
Тривалість заморожування, хвилин	30	20...30
Габаритні розміри, мм		
довжина	3800	8600
ширина	2400	2600
висота	2700	3000
Маса, кг	1600	1760

2.6. Лінії для виробництва морожених продуктів

На сьогодні на холодильних підприємствах, а також на підприємствах харчової промисловості поширені поточні лінії для виробництва морожених продуктів. Застосування поточних ліній дозволяє механізувати як технологічні процеси, так і проміжні транспортні операції і вантажно-розвантажувальні роботи.

Неодмінною вимогою до поточних ліній є висока надійність у роботі.

Поточні лінії можна класифікувати за видом готового замороженого продукту на лінії для виробництва мороженого блокового м'яса й м'ясних продуктів; мороженої риби та рибних продуктів; морожених овочевих пюре та гарнірів; картоплі й картопляних котлет; ягід, а також морозива.

2.6.1. Лінії для виробництва мороженого блокового м'яса та морожених м'ясних продуктів

У лінії для виробництва блокового м'яса передбачена механізація процесу заморожування жилованого м'яса та м'якотних субпродуктів у вигляді блоків, починаючи з підготовки сировини і закінчуючи упакуванням готової продукції.

До складу поточної лінії (рис. 2.68) входять мірний ківш, завантажувальний ківш, мембранний морозильний апарат, електротельфер, підвісний шлях, живильник, площадка для обслуговування, візок для прийому блоків.

За допомогою цього обладнання на лінії здійснюють технологічні операції з виробництва морожених блоків.

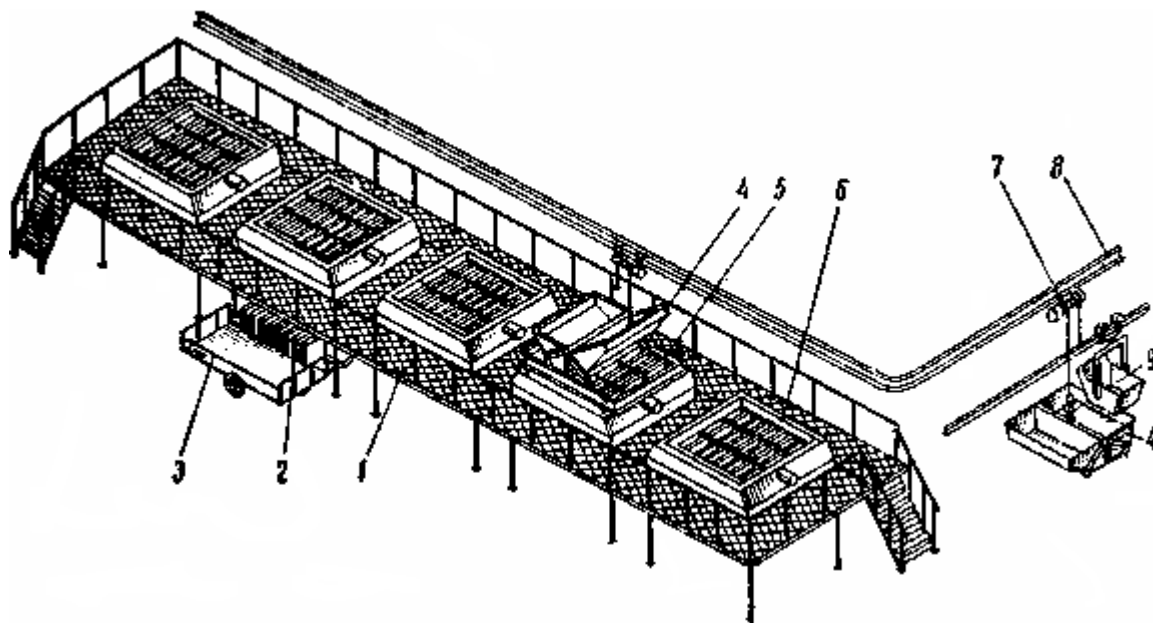


Рисунок 2.68 – Поточна лінія для виробництва блочного м'яса: 1 – площадка для обслуговування; 2 – блок м'яса; 3 – візок для приймання блоків; 4 – завантажувальний ківш; 5 – живильник; 6 – мембранний морозильний апарат; 7 – електротельфер; 8 – підвісний шлях; 9 – мірний ківш

Мірний ківш (дозатор) служить для доставки жилованого м'яса з цеху підготовки сировини в завантажувальний ківш. Мірний ківш переміщається підвісними шляхами за допомогою електротельфера.

Завантажувальний ківш, що складається з двох половин, установлюється на раму живильника, по якому може пересуватися. Завантажувальний ківш за допомогою електротельфера розкривається для перевантаження продукту в живильник. Завантажувальний ківш і живильник пересуваються уздовж лінії мембранних морозильних апаратів.

Підвісні шляхи, якими переміщаються завантажувальний ківш і живильник, виконані з двотаврових балок. Візки електротельферів пристосовані для руху по двотавровій балці з малим радіусом заокруглення (близько 700 мм).

Площадка для обслуговування необхідна для огляду мембранних морозильних апаратів, живильника й завантажувального ковша та спостереження за їхньою роботою. Для прийому заморожених блоків і доставки їх у камери схову використовуються вантажні візки.

Живильник складається із суцільнозварної чаші із закріпленою посередині траверсою. На чаші укріплені напрямні штанги. Чаша розділена куточками і перемичками на правильні прямокутники за розміром і числом пакетів у мембранному морозильному апараті. У перемичках знаходяться осі, на яких ексцентрично підвішені хитні площини-пелюстки. У вільному положенні кінці пелюстків стикаються між собою, утворюючи конусоподібну форму. У верхній частині кожного пелюстка приварені дві обмежувальні стійки, що під час опускання живильника забезпечують поворот пелюстків на певний кут. Поворот

пельостків на невеликий кут забезпечує автоматичне розправлення пакетів і наступне їхнє утримання в розправленому положенні до кінця завантаження продукту.

Зважена порція жилованого м'яса, необхідна для завантаження одного мембранного морозильного апарата, спеціальним спуском подається в мірний ківш, що доставляє цю порцію в завантажувальний ківш.

Електротельфер переміщає завантажувальний ківш із продуктом і встановлює його над мембранним морозильним апаратом таким чином, щоб під час опускання живильника його патрубки з мішками ввійшли в блокуєтворювачі апарата.

Після цього ківш перевертається і продукти, що знаходяться в ньому, попадають у чашу живильника, потім патрубками направляються в паперові мішки, які під їхньою вагою зісковзують на дно апарата. Живильник направляється за наступною порцією продукту, а апарат підключається до охолоджувальної системи для заморожування блоків м'яса.

Для прийому заморожених блоків із апарата використовують візок, що перевозить заморожені блоки м'яса в камери зберігання.

Переваги: використання потокової лінії з мембранними морозильними апаратами приводить до зниження витрат, а також до поліпшення якості продукту. Мембранний морозильний апарат працює циклічно. У разі включенні в лінію декількох апаратів досягається безупинне виробництво заморожених блоків.

Недоліки: підвищені витрати електроенергії.

Лінію, призначену для виробництва морожених пельменів, можна використовувати і для виробництва морожених фрикадельок (рис. 2.69).

До складу лінії входять машини для обвалювання і жилювання м'яса, для здрібнювання м'яса, для готування фаршу і тіста, штампувальний автомат, повітряний морозильний апарат, автомат для фасування та упакування морожених пельменів.

М'ясо після обвалювання і жилювання надходить у машину для здрібнювання. Здрібнене м'ясо направляється в машину для готування фаршу. У цю ж машину завантажують усі необхідні добавки (спеції). У машині для готування тіста з окремих компонентів (борошно, вода, меланж і сіль) формується тістова маса. Приготовлені фарш і тісто направляються до штампувального автомата, звідки на сталеву стрічку вантажного конвеєра виходять тістові трубки, начинені м'ясним фаршем. Потрапляючи під барабан штампувального автомата, тістові трубки перетворюються на пельмені, які сталевую стрічкою вантажного конвеєра направляються до повітряного морозильного апарата.

У повітряний морозильний апарат відштамповані пельмені попадають через вузьке вікно завантаження, розташоване в його торцевій стіні. У вантажному відсіку апарата пельмені, що знаходяться на верхній гілці конвеєра, протягом 3–4 хв підморожуються і міцно примерзають до сталевій стрічці. Процес підморожування закінчується через 4...6 хвилин на нижній (зворотній) гілці конвеєра. Підморожені пельмені знімаються ножем із нижньої гілки конвеєра та

попадають на сітчастий конвеєр, де здійснюється їхнє заморожування. Швидкість руху сітчастого конвеєра приймається з таким розрахунком, щоб пельмені під час виходу з повітряного апарата мали температуру мінус 18°C.

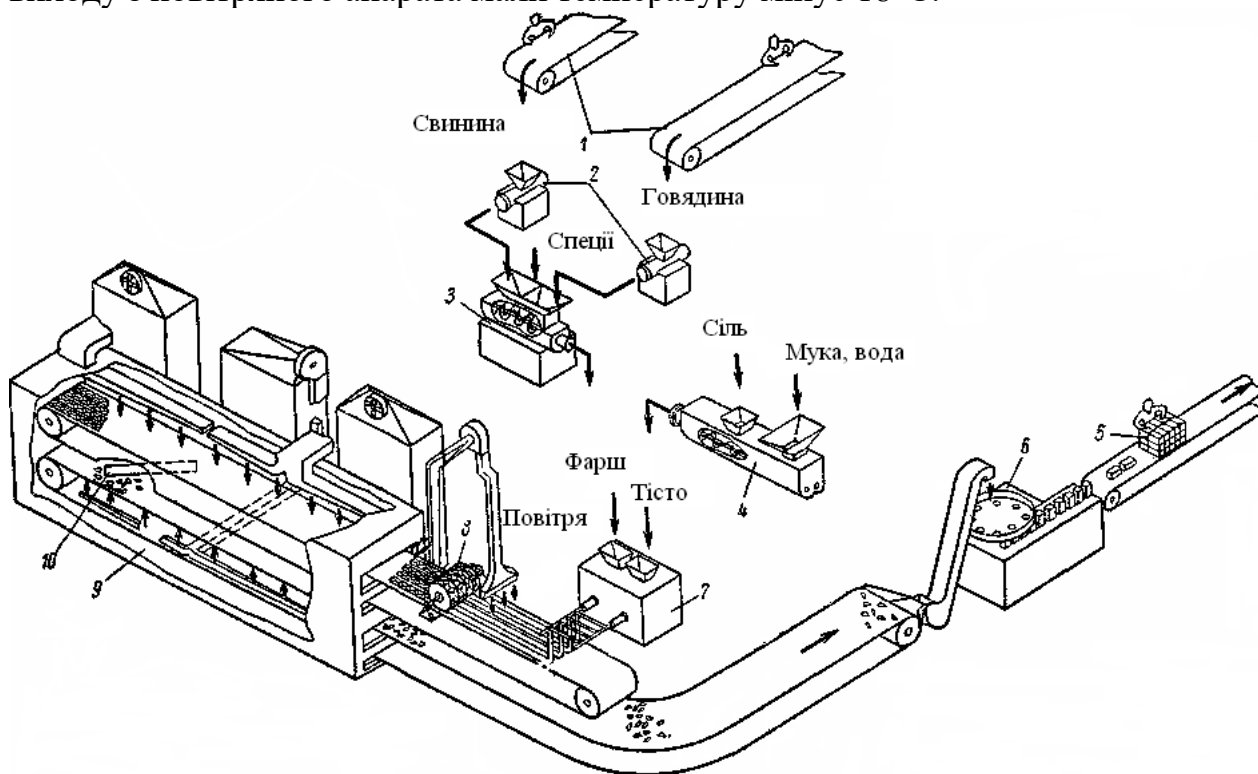


Рисунок 2.69 – Поточна лінія для виробництва заморожених пельменів:
 1 – машина для обвалювання і жилування м'яса; 2 – машина для подрібнення м'яса; 3 – машина для приготування фаршу; 4 – машина для приготування тіста; 5 – упаковання; 6 – автомат для фасування; 7 – пристрій для формування пельменів; 8 – штампувальний автомат; 9 – повітряний морозильний апарат; 10 – ніж

Морозильний апарат компонується двома повітроохолоджувачами. Перший повітроохолоджувач обладнаний системою розподілу повітря для обдування як верхньої, так і нижньої гілки вантажного конвеєра. Другий призначений для обслуговування доморожуючого сітчастого конвеєра. При цьому варто обдувати пельмені холодним повітрям знизу нагору. Заморожені пельмені сітчастим конвеєром подаються на фасування й упаковання в коробки масою 500 г із наступним укладанням їх у картонні коробки. Упаковані в коробки пельмені електровізками доставляються в камери схову мороженої продукції.

Переваги: механізація й автоматизація виробництва, заморожування, розфасування й упаковання заморожених пельменів.

Недоліки: підвищена металоємність повітряного морозильного апарата.

Лінія виробництва заморожених напівфабрикатів (м'ясні котлети) складається з машини для обвалювання і жилування м'яса, хліборізки, дозатора води, вовчка для здрібнювання хліба, ванни для хлібної маси, насоса для перекачування хлібної маси в змішувач, вовчка для здрібнювання м'яса,

фаршмішалки, котлетного автомата, повітряного морозильного апарата та столу для упакування готової продукції.

Яловичина надходить транспортером до машини для обвалювання й жилування, а котлетна м'якоть направляється у вовчок для здрібнювання. Одночасно на хліборізці нарізається житній хліб, що разом із необхідною кількістю води потрапляє у вовчок. Здрібнена хлібна маса надходить у ванну. Готування фаршу здійснюється у фаршмішалці безупинної дії, куди послідовно завантажують м'ясо й допоміжні продукти. Для зниження температури фаршу під час перемішуванні у фаршмішалку додають дроблений чи лускоподібний лід замість води. Для добавки допоміжних продуктів використовують масові й об'ємні дозатори. Приготовлений фарш формують на котлетних автоматах. Відштамповані котлети транспортером подаються на стрічку повітряного морозильного апарата. На пакувальному столі заморожені котлети укладають вручну в металеві ящики з вкладишами і направляють у камери схову мороженої продукції.

Переваги: механізація та потокове виробництво морожених котлет.

Недоліки: застосування ручної праці на деяких операціях (жилування, укладання готової продукції).

Технічна характеристика поточних ліній для виробництва мороженого блокового м'яса й морожених м'ясних продуктів приведена в табл. 2.26.

Таблиця 2.26 – Технічна характеристика поточних ліній

Показники	Поточні лінії для виробництва		
	блочного м'яса	морожених пельменів	м'ясних котлет
Продуктивність, кг/год	450	300	300...500
Тип морозильного апарата	Мембранний	Повітряний	Повітряний
Кількість морозильних апаратів, шт.	5	1	1
Температура, °С			
середовища, яке відводить тепло	-30	-35	-35
замороженого продукту	-10	-18	-18

2.6.2. Лінії для виробництва мороженої риби та морожених рибних продуктів

Застосування поточних ліній для виробництва мороженої риби й морожених рибних продуктів дозволяє механізувати й автоматизувати основні процеси виробництва, поліпшувати якість рибних продуктів і скорочувати втрати сировини. До поточних ліній пред'являються вимоги, головними з яких є надійність роботи, компактність, висока механізація й автоматизація технологічних процесів, мінімальні витрати прісної води, інтенсивність процесу холодильної обробки, зручність монтажу, експлуатації й ремонту.

Лінія для виробництва морожених блоків із необробленої риби (рис. 2.70) складається з рами з блок-формами, горизонтально-плиткового морозильного апарата, пристрою, що пресує, пристрою для підсушування блок-форм, гідроштовхальника, елеватора, перекидача, пристрою, що виштовхує, й розвантажувального транспортера.

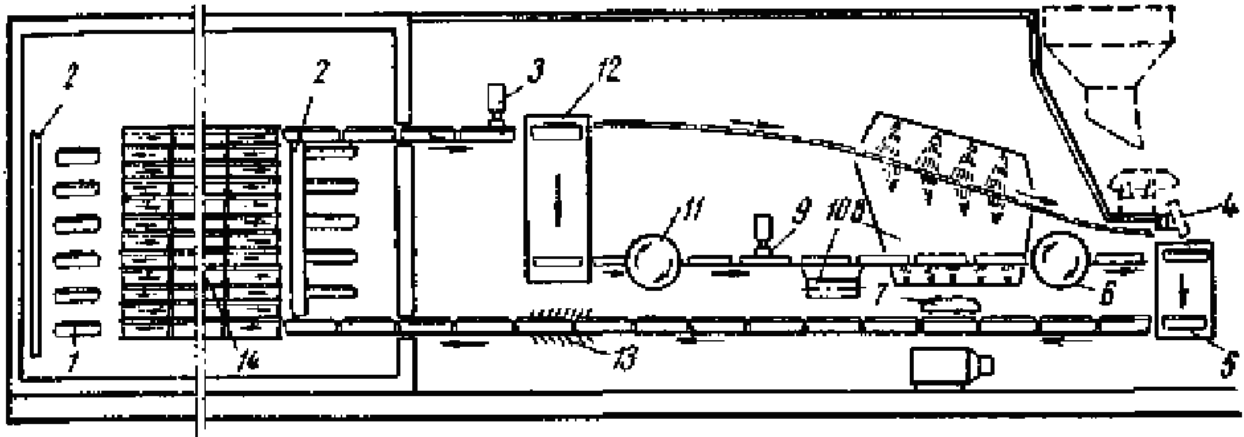


Рисунок 2.70 – Поточна лінія для виробництва морожених блоків із необробленої риби: 1 – елеватор; 2 – гідроштовхач; 3 – вузол зняття кришок; 4 – вузол для завантаження блок-форм та закривання кришок; 5 – розвантажувальний транспортер; 6 – перекидач; 7 – пресуючий пристрій; 8 – пристрій для миття блок-форм; 9 – виштовхуючий пристрій; 10 – розвантажувальний транспортер; 11 – перекидач; 12 – елеватор; 13 – пристрій для підсушування блок-форм; 14 – горизонтально-плитковий морозильний апарат

Порція продукту завантажується в блок-форми за допомогою дозуючих ваг. Заповнені продуктом блок-форми закриваються кришками й опускаються вниз, а зверху на їх місце для завантаження опускається наступна рама з порожніми блок-формами. Час завантаження складає 15 с. Рама із блок-формами рухається до горизонтально-плиткового морозильного апарата. У міру руху рами за допомогою пристрою блоки підпресувуються. Потім рама проходить через пристрій для підсушування. Після цього вона вводиться на нижню полицю апарата й проходить по всіх плитах зигзагоподібний шлях знизу нагору, переходячи наприкінці кожної плити на наступний рівень за допомогою елеваторів і гідроштовхальників.

Під час пересування блок-форм у апараті плити автоматично піднімаються, а після завершення циклу знову опускаються. На виході з апарата блок-форма звільняється від кришки і на елеваторі опускається до рівня розвантаження. Потім блок-форма попадає в перекидач, що разом із нею повертається на 180°, а пристрій, що виштовхує, видаляє заморожений блок із форми, далі він попадає на розвантажувальний транспортер. Шляхом до пакувального столу морожені блоки проходять через глазурувальний апарат, у якому вони зрошуються прісною водою та глазуються. Потім блоки попадають на п столи для упакування в картонні коробки.

Недоліки: складність кінематичної схеми, що знижує надійність її роботи.

Для переробки дрібної риби призначена **лінія виробництва харчового мороженого рибного фаршу** (рис. 2.71), до складу якої входять мийна машина, філетировочні машини, транспортер для огляду риби, сепаратор, прийомний бункер, промивні баки, центрифуги, кутер, бункер наповнюючої машини, горизонтально-плитковий морозильний апарат і сполучні транспортери.

Свіжа риба після миття подається до філетировочних машин, із яких філе попадає на транспортер для огляду, де проводиться остаточне зчищення. Після очищення й огляду філе подається в сепаратор для вироблення фаршу. Із сепаратора фарш подається в прийомний бункер, із якого насосом трубопроводами перекачується в промивні баки, де відбувається його змішування з водою та промивання. У баках знаходяться мішалки, що приводяться в обертання від електродвигунів. Переходячи з одного бака в інший, фарш промивається водою, що потім частково видаляється. У баки вода подається охолодженою до 5°C.

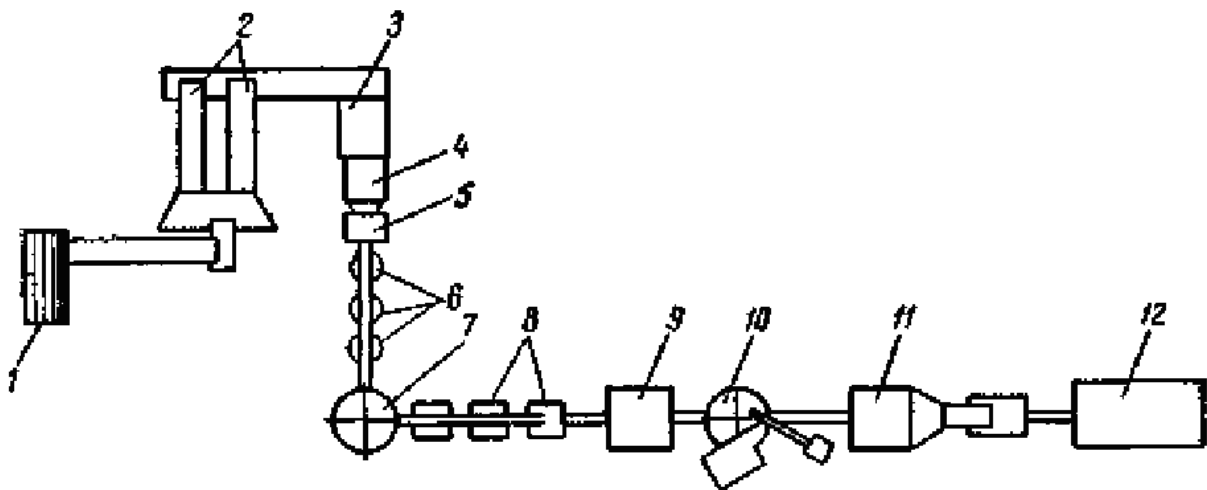


Рисунок 2.71 – Поточна лінія для виробництва харчового мороженого рибного фаршу: 1 – мийна машина; 2 – філетировочна машина; 3 – транспортер для огляду риби; 4 – сепаратор; 5 – приймальний бункер; 6 – промивочні баки; 7 – проміжний бак; 8 – центрифуги; 9 – кутер; 10 – бункер; 11 – наповнююча машина; 12 – горизонтально-плитковий морозильний апарат

Із промивного бака суміш фаршу з залишками води направляється в центрифуги для її зневоднювання до залишкової вологості. Охолоджений і збездоднений фарш шнековим транспортером передається в кутер для тонкого здрібнювання, де фарш також охолоджується. Після здрібнювання фарш передається спеціальним розвантажувальним транспортером у бункер наповнюючої машини та розфасовується в поліетиленові пакети масою по 10 кг. Упакований фарш заморожується в горизонтально-плитковому морозильному апараті.

Переваги: високий ступінь механізації й автоматизації, висока якість продукції.

Недоліки: великі витрати прісної води (під час промивання фаршу близько 50 м³ на добу).

Технічна характеристика поточкових ліній для виробництва мороженої риби і морожених рибних продуктів приведена в табл. 2.27.

Таблиця 2.27 – Технічна характеристика поточкових ліній для виробництва мороженої риби і морожених рибних продуктів

Показники	Поточні лінії для виробництва	
	заморожених блоків необробленої риби	харчового мороженого рибного фаршу
Продуктивність, кг/год	12000	300
Тип морозильного апарата	Горизонтально-плитковий	
Кількість морозильних апаратів, шт.	1	1
Температура, °С		
середовища, яке відводить тепло	-40	-40
замороженого продукту	-22	-22

2.6.3. Лінії для виробництва морожених овочевих пюре, овочевих гарнірів, картоплі, картопляних котлет і ягід

Застосування ліній для виробництва мороженого овочевого пюре дозволяє випускати продукт як у дрібній розфасовці масою 0,3...0,5 кг, що йде на продаж населенню, так і у великій розфасовці масою 4...5 кг, призначений для постачання мережі готельно-ресторанного бізнесу.

Лінія (рис. 2.83) комплектується мийною машиною, бланшувачем, протираальною машиною, пристроєм, що дозує і перемішує, наповнювачем і морозильним апаратом із непрямим контактом.

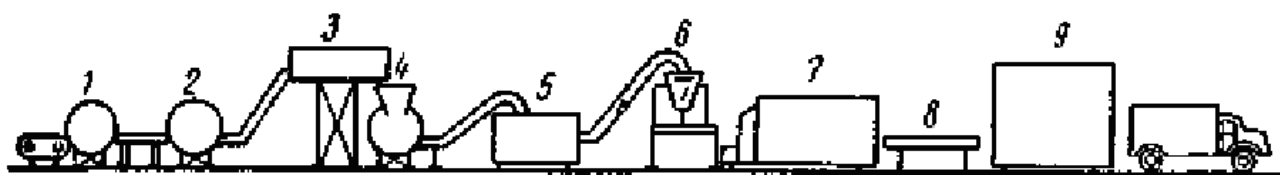


Рисунок 2.72 – Поточна лінія для виробництва мороженого овочевого пюре: 1 – мийна машина; 2 – машина для очищення та розділення; 3 – бланшувачі; 4 – протиральна машина; 5 – дозуючий та перемішувач; 6 – наповнювач; 7 – морозильний апарат із непрямим контактом; 8 – пакувальний апарат; 9 – камера зберігання

Відсортовані моркву, томати і буряк направляють у мийну машину, а потім у бланшувач, де овочі обробляють гострою парою температурою 105...110°С з наступним роздрібненням.

У протиральних машинах бланшовану моркву і буряк, а також томати, що не піддають тепловій обробці, протирають спочатку через сито з діаметром отворів 1,5мм а потім через сито з діаметром отворів 0,8 мм.

У дозуюючих і перемішуючих пристроях одержують однорідну масу. Підготовлену в такий спосіб овочеву суміш подають у наповнювач, а потім у морозильні апарати з непрямим контактом.

Заморожене овочеве пюре упаковують у поліетиленові мішечки, укладають у картонні коробки і направляють у камери зберігання, де воно може знаходитися до 12 місяців.

Переваги: можливість потокового виробництва високоякісного мороженого пюре.

Недоліки: застосування ручної праці на сортуванні й доочищенні овочів.

Лінія для виробництва мороженої картоплі (напівфабрикату) (рис. 2.73) комплектується електронавантажувачем, контейнероперекидачем, мийною машиною, ковшовим елеватором, установкою для парової обробки картоплі, системою транспортерів, машиною для видалення мінеральних домішок, різальною машиною, сортувальною машиною, бланшувачем, обжарочною піччю, охолоджувачем і флюїдизаційним морозильним апаратом.

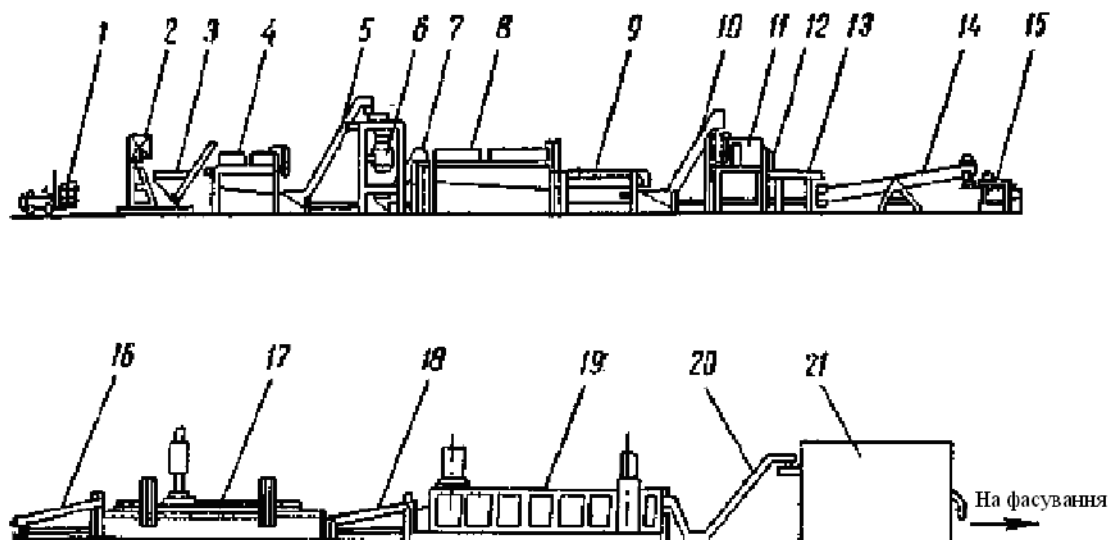


Рисунок 2.73 – Поточна лінія для виробництва мороженої картоплі:
1 – електронавантажувач; 2 – контейнероперекидач; 3 – бункер; 4 – мийна машина; 5, 10 – ковшові елеватори; 6 – установка для парової обробки картоплі; 7 – розвантажувальний скребковий транспортер; 8 – мийна машина; 9 – збираючий транспортер; 11 – машина для видалення мінеральних домішок; 12 – різальна машина; 13 – сортувальна машина; 14 – бланшувач; 15, 18 – проміжні транспортери; 16 – стрічковий транспортер; 17 – обжарювальна піч; 19 – охолоджувач; 20 – скребковий транспортер; 21 – флюїдизаційний морозильний апарат

На обладнанні лінії проводяться такі технологічні операції. Відкалібровану картоплю завантажують у контейнери й електронавантажувачем із вилковим захопленням подають у контейнероперекидач, що знаходиться на початку лінії. Із контейнера картопля зсипається в бункер, із якого транспортером направляється в мийну машину, що представляє собою обертовий барабан із укріпленими на

його внутрішній поверхні щітковими стрижнями, за допомогою яких бульби переміщаються, перевертаються й очищаються від землі.

Звільнені від сторонніх домішок бульби картоплі подають у різальну машину, де вони нарізаються спочатку на пластини, а потім на стовпчики. Далі вони направляються в сортувальну машину, де відсортовуються за товщиною за допомогою восьми гумових роликів, що обертаються назустріч один одному. Стандартні (за товщиною) стовпчики надходять у бланшувач.

Бланшувач являє собою встановлений під кутом 35° циліндр довжиною 5600 мм, усередині якого поміщений шнек. Бланшування проводять гарячою водою до напівготовності. Із бланшувача картопля попадає на сортувальну машину. Потім стрічковим транспортером стовпчики картоплі подаються в обжарочну піч. Пересуваючись в печі сітчастим транспортером, картопля обсмажується. Режим обсмажування регулюється з пульта керування, а швидкість руху транспортером-варіатором швидкостей. Обсмажена картопля надходить у охолоджувач, який виконаний у вигляді металевої камери, усередині якої знаходяться три стрічкових транспортери, розташованих один над одним. Обсмажена картопля охолоджується повітрям, переміщаючись із одного транспортера на інший. Охолоджена до 8°C , обсмажена картопля транспортером направляється у флюїдизаційний морозильний апарат. Заморожену картоплю-напівфабрикат розфасовують у пакети з полімерних плівок чи плівок, які зварюються, у картонні коробки масою по 500 г з наступним укладанням їх у картонні чи фанерні ящики. Упакований у тару продукт електровізками доставляється в камери схову мороженої продукції.

Переваги: високий рівень механізації й автоматизації технологічних процесів, гарна якість готової продукції, використання високопродуктивного обладнання.

Недоліки: складна система транспортування продукту.

У лінію для виробництва морожених овочевих гарнірів (рис. 2.74) входять перекидач контейнера, мийна машина, транспортери, бланшувач, мийно-очисна машина, флюїдизаційний морозильний апарат і фасувально-пакувальний автомат.

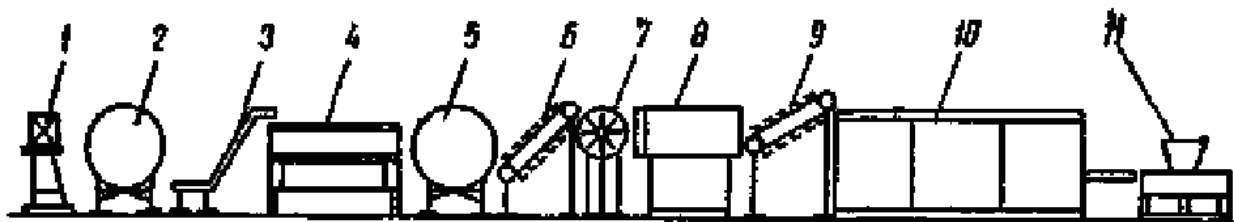


Рисунок 2.74 – Поточна лінія для виробництва морожених овочевих гарнірів: 1 – контейнероперекидач; 2 – мийна машина; 3 – транспортер; 4 – бланшувач; 5 – мийно-очищувальна машина; 6, 9 – скребкові транспортери; 7 – овочерізка; 8 – сортувальна машина; 10 – флюїдизаційний морозильний апарат; 11 – фасувально-пакувальний автомат

Відсортовані морква й буряк надходять у контейнери, звідки перекидач направляє їх у мийну машину барабанного типу. Вимиті овочі транспортером подають у бланшувач, а потім у мийно-очисну машину. Скребковий транспортер похилого типу направляє очищені овочі в овочерізку.

Нарізані овочі проходять сортувальну машину, де дрібні частинки відокремлюються, а відсортовані шматочки транспортер подає в морозильний апарат. Заморожені овочі розфасовуються й упаковуються в пакети чи в картонні коробки масою 0,5 кг із наступним укладанням їх у картонні чи у фанерні ящики й направляють у камеру схову морожених продуктів.

Переваги: компактність, технологічні процеси механізовані й автоматизовані.

Недоліки: необхідність ретельного сортування овочів, що направляються для технологічної переробки.

Лінія для виробництва морожених картопляних котлет (рис. 2.75) комплектується контейнероперекидачем, мийною машиною, проміжними транспортерами, установкою для парової обробки картоплі, мийно-очисною машиною, апаратом для бланшування, вібраційною машиною, картоплем'ялкою, формувальним агрегатом, апаратом для льєзонування (змочування), панірувальним апаратом, обжарочною піччю, апаратом для охолодження й заморожування котлет і фасувально-пакувальним автоматом.

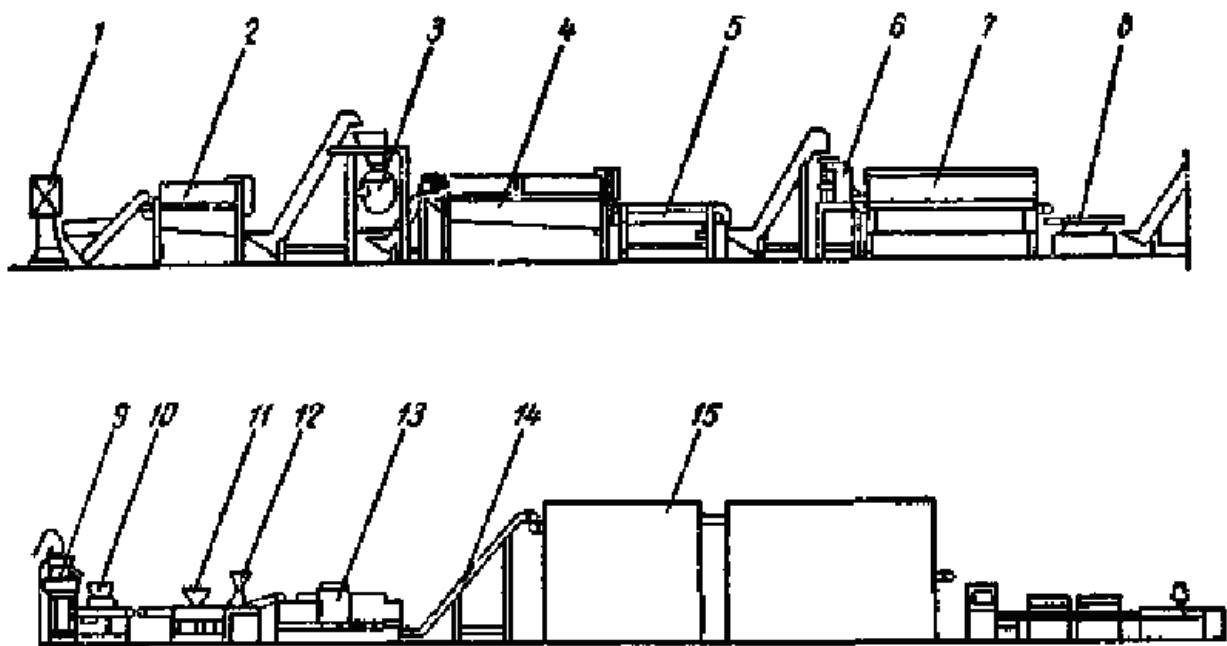


Рисунок 2.75 – Поточна лінія виробництва морожених картопляних котлет; 1 – контейнероперекидач; 2 – мийна машина; 3 – установка для парової обробки картоплі; 4 – мийно-очищувальна машина; 5 – транспортер для доочищення; 6 – різальна машина; 7 – апарат для бланшування; 8 – вібраційна машина; 9 – картоплем'ялка; 10 – формувальний агрегат; 11 – апарат для льєзонування; 12 – панірувальний апарат; 13 – обжарювальна піч; 14 – похилий транспортер; 15 – повітряний морозильний апарат

Відсортована за якістю і відкалібрована за розміром картопля завантажується в контейнери й електронавантажувачем із вилковим захопленням подається в контейнероперекидач. Із контейнера картопля механічно висипається в бункер-нагромаджувач, з якого транспортером попадає в мийну машину. Відмиті від бруду бульби скребковим транспортером подаються в установку для парової обробки. Очищена картопля попадає на транспортер для доочищення й огляду. Доочищені бульби надходять у різальну машину.

Наріzana картопля надходить у апарат для бланшування, де проварюється до повної готовності у воді, що підігрівається парою. Звідти наріzana картопля направляється на вібраційну машину для видалення надлишку води й відсортування дріб'язку. Потім на транспортерах варена картопля охолоджується, і після добавок (за рецептурою) вся маса надходить у картоплем'ялку. Ретельно перемішана та протерта пюреподібна картопляна маса проштовхується шнеком до виходу з картоплем'ялки, де встановлені ґрати з отворами діаметром 2,5 мм. Ця маса попадає в бункер формувального агрегата, що складається з трьох рифлених валиків, під якими знаходяться матриці з двома формуючими отворами діаметром 75 мм. Нижче вихідних формуючих отворів розташований ніж – натягнутий сталевий дріт діаметром 0,5 мм. Рифлені валики захоплюють картопляну масу і подають її в циліндр матриці. У момент зупинки валиків включається ніж, що зрізує в підставі отвору стовпчик картопляної маси. Сформовані котлети транспортером направляються в апарат для льезонування поверхні. Котлети, проходячи сіткою транспортера під ємністю з перфорованим дном, рясно змочуються льезоном і подаються в панірувальний апарат. Паніровані сухарною крихтою котлети надходять у обжарочну піч. Обсмажені котлети похилим транспортером направляються для заморожування в повітряному морозильному апараті з попереднім охолодженням. Заморожені котлети надходять у фасувально-пакувальний автомат. Упаковані морожені котлети доставляють у камери схову мороженої продукції.

Переваги: високий рівень механізації й автоматизації, гарна якість і товарний вигляд заморожених картопляних котлет.

Недоліки: застосування на операції доочищення ручної праці.

Лінія для виробництва морожених ягід дрібної розфасовки (рис. 2.76) складається зі стрічкового транспортера, мийної машини, сітчастого транспортера, елеватора, флюїдизаційного морозильного апарата й фасувального автомата.

Відсортовані ягоди стрічковим транспортером подають у мийну машину флотаційного типу. Для згону води з ягід їх поміщають на транспортер. Елеватором ягоди подають у флюїдизаційний морозильний апарат. У фасувальному автоматі відбувається формування коробок і розфасування ягід із наступним заклеюванням коробок, що укладаються в картонні коробки й направляються в камеру схову морожених вантажів.

Переваги: компактність обладнання та висока якість мороженої продукції.

Недоліки: необхідність застосування ручної праці на операції сортування ягід.



Рисунок 2.76 – Поточна лінія для виробництва морожених ягід у дрібному упакованні: 1 – стрічковий транспортер (інспекційний); 2 – мийна машина; 3 – сітчастий транспортер; 4 – елеватор; 5 – флюїдизаційний морозильний апарат; 6 – фасувальний автомат

Технічна характеристика поточкових ліній для виробництва мороженого овочевого пюре, картоплі, овочевих гарнірів, картопляних котлет і ягід приведена в табл. 2.28.

Таблиця 2.28 – Технічна характеристика поточкових ліній

Показники	Поточні лінії для виробництва				
	мороже-ного овочевого пюре	мороже-ної картоплі	мороже-них овочевих гарнірів	морожених картопля-них котлет	мороже-них ягід
Продуктивність, кг/год	200	100	200	500...600	300
Тип морозильного апарата	Безконтак-тного заморожу-вання	Флюїди-заційний	Флюїди-заційний	Повітряний	Флюїди-заційний
Кількість морозильних апаратів, шт.	1...2	1	1	1	1
Температура, °С середовища, яке відводить тепло замороженого продукту	-40	-35	-35	-40	-35
	-18	-18	-18	-18	-18

2.6.4. Лінії для виробництва морозива

Лінія для виробництва морозива у вафельних стаканчиках (рис. 2.77) комплектується фризером безупинної дії, фасувальним автоматом, повітряним морозильним апаратом, автоматом для загортання морозива у вафельних стаканчиках.

У фризери безперервної дії відбувається заморожування та збивання суміші морозива; у фасувальному автоматі – фасування морозива у вафельні стаканчики, накривання їх паперовою кришкою і подача партіями (по вісім

стаканчиків) на заморожування; у повітряному морозильному апараті – загартовування порцій морозива й подача їх на загортання; в автоматі для загортання морозива – загортання вафельних стаканчиків із загартованим морозивом в обгортку і подача їх на упакування в картонні коробки.

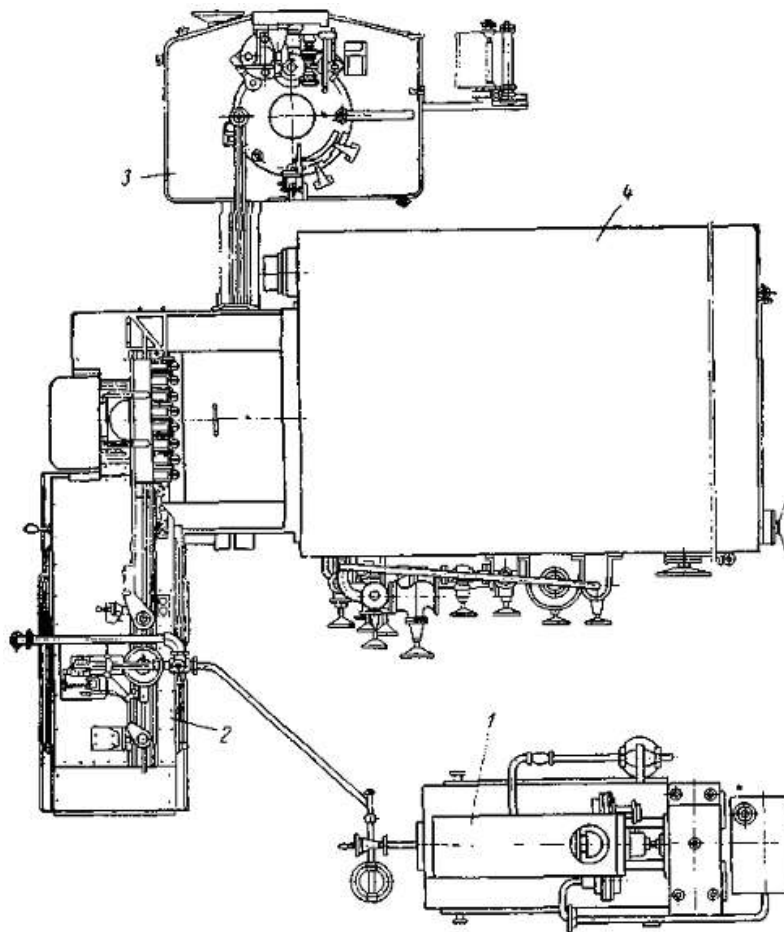


Рисунок 2.77 – Поточна лінія для виробництва морозива у вафельних стаканчиках: 1 – фризер безперервної дії; 2 – фасувальний автомат; 3 – автомат для загортання морозива у вафельні стаканчики; 4 – повітряний морозильний апарат

Переваги: потоковість виробництва, автоматизація та механізація процесу виробництва морозива у вафельних стаканчиках.

Лінії для виробництва брикетного морозива на вафлях (рис. 2.78) складаються з двох фризерів безперервної дії, формовочно-різальної машини, повітряного морозильного апарата й автомата для загортання морозива.

У фризерах безперервної дії відбувається заморожування і збивання суміші морозива; на формувально-різальній машині – утворення безупинного батона морозива прямокутного перетину, укладання вафлі, обрізання батона визначеної довжини, розрізання загартованого батона на шість порційних брикетів із передачею до автомата для загортання; у повітряному морозильному апараті – загартовування батонів; в автоматі для загортання морозива – загортання

брикетів морозива у відповідну паперову упаковку і передавання на укладання в коробки.

Переваги: компактність і повна автоматизація виробничих процесів.

Недоліки: втрати сировини під час відрізання й розпилювання батонів.

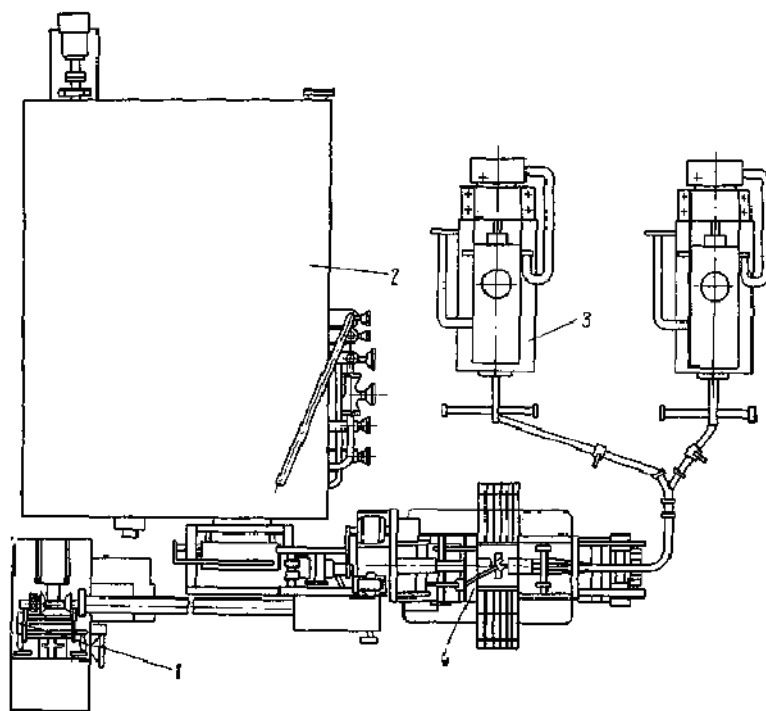


Рисунок 2.78 – Поточна лінія для виробництва брикетного морозива на вафлях: 1 – автомат для загортання морозива; 2 – повітряний морозильний апарат; 3 – фризер безперервної дії; 4 – формувально-різальна машина

Для виробництва ескімо застосовують **автоматичну поточну лінію з карусельним ескімо-генератором** (рис. 2.79). До складу лінії, призначеної для випуску глазурованого й загорненого ескімо масою 100 грам, входять дозатор, карусельний ескімо-генератор, насоси холодного й теплого холодоносія, автоматичний установлювач, пристрій виймання і подання на глазурування, ванна, бачок для глазуровальної суміші, транспортер, загортальна машина, пристрій для миття, насос.

Фризер безперервної дії, розташований поруч із карусельним ескімо-генератором, готує суміш морозива, що трубопроводом надходить у дозатор. Потім суміш морозива направляється у формочки карусельного ескімо-генератора. Сім формочок обертового кола одночасно заповнюються сумішшю морозива, коли вони проходять під дозатором.

Заповнені сумішшю морозива форми охолоджуються холодоносієм, охолодженим до температури $-40...-42^{\circ}\text{C}$, який циркулює у формах із сумішшю морозива. Охолодження холодоносія здійснюється в індивідуальному випарнику, а його подання в нижню циліндричну частину карусельного ескімо-генератора проводиться насосом холодного холодоносія.

Коли формочки із сумішшю морозива знаходяться у відсіку (ванні) з холодним холодоносієм, суміш гартується і твердіє. У формочки із затверділою сумішшю автоматично установлюються дерев'яні палички, і формочки із загартованим ескімо переходять у відсік теплового холодоносія, де формочки зрошуються нагрітим холодоносієм, який подається за допомогою насоса. Нагрівання холодоносія проводиться у відсіку електронагрівниками потужністю 28 кВт.

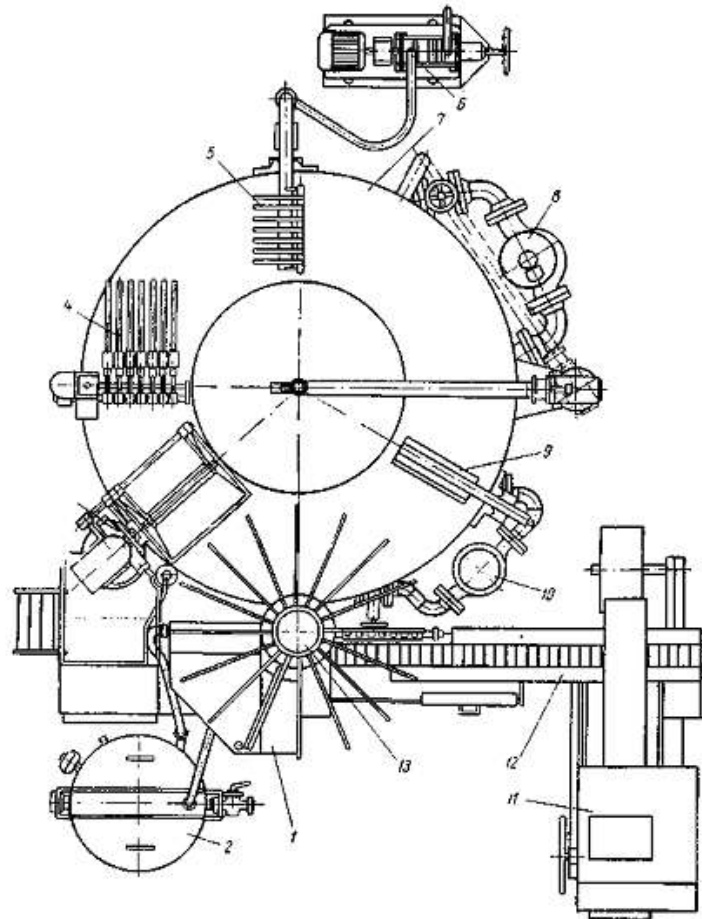


Рисунок 2.79 – Автоматична поточна лінія з карусельним ескімо-генератором для виробництва ескімо: 1 – ванна; 2 – бачок; 3 – дозатор; 4 – автоматичний установлювач; 5 – гребінка для відсмоктування води із формочок; 6 – насос; 7 – карусельний ескімо-генератор; 8 – насос холодного холодоносія; 9 – пристрій для миття; 10 – насос теплового холодоносія; 11 – загортальна машина; 12 – транспортер; 13 – пристрій виймання та подання на глазурування

У формочках, зрошуваних теплим холодоносієм температурою 18...20°C, суміш підтає, і пристрій виймання захоплює палички, послідовно витягає порції ескімо із форм, а потім занурює їх у ванну з глазурувальною сумішшю. Підігріта суміш безупинно подається насосом з бачка у ванну.

Після глазурування порція ескімо попадає на транспортер і направляється до машини, що загортає кожен порцію ескімо в спеціальний папір, щільно закручуючи бічний і два торцевих шви. Після цього упакована продукція направляється для ручного укладання в картонну тару.

Санітарна обробка формочок проводиться наприкінці кожної зміни за допомогою пристрою для миття. Формочки кілька разів промиваються теплою водою, що видаляється з них насосом.

Переваги: компактність, надійність у роботі, висока якість і гарний зовнішній вигляд готової продукції.

Недоліки: застосування ручної праці під час укладання ескімо в картонну тару.

Технічна характеристика поточних ліній для виробництва морозива приведена в табл. 2.29.

Таблиця 2.29 – Технічна характеристика поточних ліній

Показники	Поточні лінії для виробництва		
	морозива у вафельних стаканчиках	брикетного морозива на вафлях	ескімо
Продуктивність, кг/год	250	450	800
Тип морозильного апарата	Повітряний	Повітряний	з непрямым контактом
Кількість морозильних апаратів, шт.	1	1	1
Температура, °С			
середовища, яке відводить тепло	-26	-33	-40...-42
загартованого морозива	-12	-15	-8

Запитання до розділу

1. Чим відрізняються тунель, камера й морозильний апарат?
2. За якими ознаками класифікують холодильне технологічне обладнання камер заморожування м'яса?
3. Яке призначення камер із примусовим рухом повітря? Назвіть переваги та недоліки.
4. Які системи розподілу повітря є найбільш ефективними для заморожування м'яса?
5. В якій послідовності виконують розрахунок камер заморожування м'яса?
6. Які фактори впливають на скорочення часу заморожування продуктів в апаратах різних типів?
7. Яке призначення має повітроохолоджувач у повітряних морозильних апаратах?
8. За якими ознаками класифікують візкові морозильні апарати? Наведіть переваги та недоліки.
9. Охарактеризуйте конвеєрні повітряні морозильні апарати. Наведіть переваги та недоліки.
10. Які особливості морозильних апаратів зі спіральним конвеєром? Наведіть галузі їх застосування.

11. За допомогою яких апаратів здійснюється заморожування розфасованих продуктів?
12. В якій послідовності виконують розрахунок конвеєрного повітряного морозильного апарата.
13. Які особливості гравітаційних морозильних апаратів? Наведіть галузі їх застосування.
14. Чим відрізняються флюїдизаційні морозильні апарати? У чому особливості розрахунку флюїдизаційних апаратів?
15. Охарактеризуйте призначення апаратів безконтактного заморожування харчових продуктів.
16. За якими ознаками поділяють плиткові морозильні апарати?
17. В яких апаратах плити розташовані радіально?
18. В яких апаратах заморожувальним елементом є барабан?
19. У чому особливості розрахунку плиткових морозильних апаратів?
20. В яких апаратах заморожування продуктів здійснюється рідким холодоносієм?
21. Охарактеризуйте апарати контактного заморожування харчових продуктів.
22. У чому полягають особливості заморожування харчових продуктів контактним способом?
23. Яка ознака в основі класифікації кріогенних апаратів?
24. Як здійснюється процес заморожування в імерсійних апаратах?
25. Які апарати кріогенного заморожування найчастіше використовують на підприємствах харчової промисловості?
26. Наведіть приклади практичного застосування вуглекислотних морозильних апаратів.
27. Охарактеризуйте апарати для заморожування продуктів холодоносіями.
28. За якими критеріями класифікують потокові лінії для виробництва заморожених продуктів?
29. Що входить до складу потокової лінії для виробництва блочного м'яса?
30. Який морозильний апарат використовують у лінії з виробництва морожених пельменів?
31. Які вимоги пред'являють до ліній виробництва мороженої риби та морожених рибних продуктів?
32. Які особливості виробництва мороженого овочевого пюре?
33. Що входить до складу лінії виробництва морожених овочевих гарнірів?
34. Чим відрізняється лінія виробництва морожених картопляних котлет від лінії виробництва мороженої картоплі?
35. Який морозильний апарат використовують на лінії виробництва морожених ягід?
36. В якому апараті відбувається заморожування та збивання морозива?

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Холодильні установки : підручник / І. Г. Чумак, В. П. Чепурненко, С. Ю. Лар'яновський [та ін.]; за ред. І. Г. Чумака. – 6-е вид., перероб. та доп. – Одеса : Пальміра, 2006. – 552 с.
2. Черевко О. І. Обладнання підприємств сфери торгівлі : навчальний посібник / Черевко О. І., Новікова О. В., Потапов В. О. – К. : Ліра-К, 2010. – 648 с.
3. Колач С. Т. Холодильное оборудование для предприятий торговли и общественного питания : учебник. – М. : Академия, 2003. – 240 с.
4. Корякин-Черняк С. А. Холодильники от А до Я. – СПб. : Наука и техника, 2003. – 416 с.
5. Ландик В. И. Современные холодильники NORD : / В. И. Ландик, А. Н. Горин. – СПб. : Наука и техника, 2003. – 144 с.
6. Потапов В. О. Фризеры : навчально-методичні вказівки / В. О. Потапов, Д. П. Семенюк, О. В. Петренко. – Х. : ХДУХТ, 2008. – 70 с.
7. Сафонов В. В. Холодильное оборудование : навчально-методичні / В. В. Сафонов, Д. П. Семенюк, О. В. Петренко. – Х. : ХДУХТ, 2007. – 180 с.
8. Холодильные машины : учебник / А. В. Бараненко [и др.]; под общ. ред. Л. С. Тимофеевского. – 2-е изд, перераб. и доп. – СПб. : Политехника, 2006 – 944 с.
9. Курылев Е. С. Холодильные установки : учебник / Е. С. Курылев, В. В. Оносовский, Ю. Д. Румянцев. – СПб. : Политехника, 2002. – 575 с.
10. Офіційний сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.insolar.com.ua>
11. Офіційний сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.patriot-nrg.ua>
12. Офіційний сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.istra.com.ua>
13. Офіційний сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.euro-term.com.ua>
14. Офіційний сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.termoeng.com.ua>
15. Офіційний сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://riverport.pp.ua>
16. Офіційний сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.aquatherm.ua>
17. Офіційний сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://osnova.od.ua>
18. Офіційний сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.morozyvo.com.ua>
19. Офіційний сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ecoholod.com.ua>
20. Офіційний сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.cryst.com.ua>
21. Офіційний сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<http://gelato.com.ua>

22. Офіційний сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<http://www.admir.lviv.ua>

23. Офіційний сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<http://www.ukrboard.com.ua>

24. Офіційний сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<http://www.good.ua/holodilne-obladnannya-kyiv>

25. Офіційний сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<http://www.ukrhard.com.ua>

26. Офіційний сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<http://www.truba.ua/holod/l-ua>

27. Офіційний сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<http://www.assari.com.ua>

28. Офіційний сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://icesatalog.ru>

Навчальне електронне видання
комбінованого використання
Можна використовувати в локальному та мережевому режимах

СЕМЕНЮК Дмитро Павлович
ПЕТРЕНКО Олена Володимирівна
ЯКУШЕНКО Євген Миколайович

ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТА ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ОБРОБКИ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Навчальний посібник
Частина 1

Відповідальний за випуск зав. кафедри інтегрованих електротехнологій та енергетичного машинобудування О.Ю. Єгорова
Редактор О.В. Щегельська

План 2022 р.

Підп. до друку 2022 р. Один електронний оптичний диск (CD-ROM); супровідна документація. Об'єм даних 3,8 Мб.
Тираж 100 прим.

Видавець та виготівник
Харківський державний біотехнологічний університет
вул. Клочківська, 333, Харків, 61051
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК №4417 від 10.10.2012 р.