

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Харківський державний університет харчування та торгівлі

Д. П. Семенюк, О. В. Петренко

ТЕХНОЛОГІЧНЕ ХОЛОДИЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ

Навчальний посібник
Частина 2

Харків
ХДУХТ
2019

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 вченою радою Харківського державного університету харчування та торгівлі (протокол № 8 від 24.12.2018 р).

Семенюк Д. П.

С 30 Технологічне холодильне обладнання : навч. посібник у 2 ч. Ч. 2 /
Д. П. Семенюк, О. В. Петренко. – Х. : ХДУХТ, 2019. – 308 с.

У другій частині навчального посібника розглянуто сучасне технологічне 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.

Підручник 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 технологічне холодильне обладнання.

УДК 621.56/.59
ББК 36.81-5

© Семенюк Д. П., Петренко О. В., 2019
© Харківський державний університет
харчування та торгівлі, 2019

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	6
Розділ 1. СИСТЕМИ РОЗПОДІЛУ ПОВІТРЯ ХОЛОДИЛЬНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	8
1.1. Системи розподілу повітря в камерах холодильної обробки харчових продуктів	8
1.2. Системи розподілу повітря в камерах зберігання харчових продуктів	11
1.3. Основи розрахунку параметрів повітря	13
1.3.1. Основи розрахунку параметрів повітря, що рухається за закономірностями вільних струменів	13
1.3.2. Основи розрахунку параметрів повітря, що рухається за закономірностями обмежених струменів	16
Розділ 2. ХОЛОДИЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОХОЛОДЖЕННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ	20
2.1. Обладнання камер охолодження м'яса	20
2.1.1. Обладнання камер із природним рухом повітря	20
2.1.2. Обладнання камер із примусовим рухом повітря	29
2.1.3. Основи розрахунку камер охолодження м'яса	34
2.1.4. Порівняльні показники камер охолодження м'яса	39
2.2. Обладнання для охолодження риби	41
2.2.1. Обладнання для охолодження риби водою чи льодо-водяною сумішшю	42
2.2.2. Судновий вакуумний рибоохолоджувач	49
2.2.3. Основи розрахунку обладнання для охолодження риби водою чи льодо-водяною сумішшю	50
2.3. Обладнання для охолодження плодів і овочів	54
2.3.1. Обладнання камер із інтенсивним рухом повітря	54
2.3.2. Обладнання для охолодження фруктів в ізотермічних вагонах, автомобілях із ізотермічними кузовами	55
2.3.3. Обладнання для охолодження овочів у вакуумі	56
2.3.4. Установки для охолодження плодів і овочів у воді	56
2.3.5. Установка для охолодження овочів льодом	57
2.3.6. Основи розрахунку камер із інтенсивним рухом повітря	58
2.4. Апарати для охолодження птиці	59
2.4.1. Апарати тунельного типу	59
2.4.2. Апарат для охолодження тушок птиці зрошенням	60
2.4.3. Апарат для охолодження тушок птиці зануренням	60
2.4.4. Автоматизований апарат для охолодження тушок птиці методом занурення в льодо-водяну суміш	61
2.4.5. Основи розрахунку апарата для охолодження тушок птиці зрошенням	62
2.5. Автоматизовані пластинчасті установки для охолодження молока і молочних продуктів	63

2.5.1.	Пластинчасті охолоджувачі для молока ООЛ-3 та ООЛ-5	64
2.5.2.	Пластинчастий охолоджувач для молока 001-B10 (ООЛ-10)	65
2.5.3.	Пластинчастий охолоджувач для молока ООЛ-25	65
Розділ 3. ХОЛОДИЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗАМОРОЖУВАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ		68
3.1.	Холодильне технологічне обладнання камер заморожування м'яса	68
3.1.1.	Обладнання камер із примусовим рухом повітря	68
3.1.2.	Обладнання камер із природним рухом повітря	73
3.1.3.	Порівняльні показники камер заморожування м'яса	75
3.1.4.	Основи розрахунку камер заморожування м'яса	77
3.2.	Повітряні морозильні апарати	80
3.2.1.	Візкові морозильні апарати з ручним та механізованим переміщенням візків	82
3.2.2.	Конвеєрні морозильні апарати	90
3.2.3.	Основи розрахунку конвеєрних апаратів	107
3.3.	Флюїдизаційні апарати	115
3.3.1.	Апарат малої продуктивності	115
3.3.2.	Апарат середньої продуктивності	117
3.3.3.	Апарати великої продуктивності	118
3.3.4.	Основи розрахунку флюїдизаційних апаратів	123
3.4.	Апарати безконтактного заморожування харчових продуктів	127
3.4.1.	Плиткові апарати	128
3.4.2.	Роторні апарати	139
3.4.3.	Морозильні апарати барабанного типу	146
3.4.4.	Основи розрахунку плиткових апаратів	149
3.4.5.	Апарати для заморожування продуктів рідкими холодоносіями	160
3.5.	Апарати контактного заморожування харчових продуктів	168
3.5.1.	Кріогенні апарати	169
3.5.2.	Основи розрахунку апарата з розпиленням рідкого азоту у вантажному відсіку	190
3.5.3.	Вуглекислотні апарати	195
3.5.4.	Апарати для заморожування продуктів холодоносіями	198
3.6.	Лінії для виробництва морожених продуктів	201
3.6.1.	Лінії для виробництва мороженого блокового м'яса та морожених м'ясних продуктів	201
3.6.2.	Лінії для виробництва мороженої риби та морожених рибних продуктів	205
3.6.3.	Лінії для виробництва морожених овочевих пюре, овочевих гарнірів, картоплі, картопляних котлет і ягід	208
3.6.4.	Лінії для виробництва морозива	213

Розділ 4. ХОЛОДИЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ КАМЕР ЗБЕРІГАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ	219
4.1. Прилади охолодження камер зберігання	219
4.1.1. Повітроохолоджувачі	219
4.1.2. Батареї	239
4.2. Зволожуючі пристрої	244
4.2.1. Пристрої для зволоження повітря водою	244
4.2.2. Пристрої для зволоження повітря паром	247
4.2.3. Механічний зволожувач повітря	249
4.2.4. Мікропроцесорний регулятор вологості й температури	250
4.2.5. Основи розрахунку зволожуючих пристроїв	251
4.3. Обладнання для створення та підтримання складу газового середовища	253
4.3.1. Будова та принцип роботи газогенераторної установки	256
4.4. Фільтри. Озонатори	257
4.4.1. Фільтри	257
4.4.2. Озонатори	257
Розділ 5. УСТАНОВКИ ДЛЯ РОЗМОРОЖУВАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ	268
5.1. Установки з підведення тепла до поверхні продукту	270
5.1.1. Установки для розморожування харчових продуктів у потоці повітря	270
5.1.2. Обладнання для організації процесу дефростації в камерах	271
5.1.3. Дефростер Cabinplant TC- 2	273
5.1.4. Дефростери серії VGKL (Китай)	274
5.1.5. Установки для розморожування харчових продуктів у потоці вологого повітря	276
5.1.6. Установки для розморожування харчових продуктів у вакуумі	277
5.1.7. Установки для розморожування продуктів зануренням у воду	278
5.1.8. Установка для розморожування харчових продуктів водою шляхом зрошення	280
5.1.9. Дефростери серії H2-ИТА	284
5.1.10. Установка для комбінованого розморожування харчових продуктів повітрям і водою	287
5.2. Установки з підведенням тепла до об'єму продукту	288
5.2.1. Високі частоти в харчовій промисловості	288
5.2.2. Апарати для розморожування SAIREM (Франція)	292
5.2.3. Мікрохвильові дефростери виробництва АМТЕК Microwaves	298
5.3. Основи розрахунку установок для розморожування харчових продуктів	301
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	306

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 кондиціонування 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 холодильної обробки харчової сировини та продуктів, побутове, холодильне торговельне обладнання, холодильний транспорт), яке знайшло найбільш широке застосування на підприємствах рітейлу, готельно-ресторанного бізнесу, харчової та переробної індустрії.

В другій частині навчального посібника розглянуто 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, дефростації) та зберігання, 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 технологічного 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 ввійшли 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.

РОЗДІЛ 1

СИСТЕМИ РОЗПОДІЛУ ПОВІТРЯ

ХОЛОДИЛЬНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Для організації руху повітря в охолоджуваніх приміщеннях їх оснащують спеціальним обладнанням чи пристроями, що представляють собою систему розподілу повітря.

У холодильних камерах застосовують тунельну систему розподілу повітря; удавану стелю; системи повітряного душування; повітропроводи з подовжніми чи поперечними (радіальними) соплами; двоканальну, одноканальну й безканалну системи.

Параметри повітряних струменів, що формуються системами розподілу повітря, залежать від їхнього виду (вільні й обмежені струмені).

Специфічні особливості роботи та аналіз систем розподілу повітря стосовно умов камер холодильної обробки чи зберігання продуктів будуть розглянуті під час вивчення обладнання цих пристроїв. Системи розподілу повітря, що формують вільні струмені, одержали широке поширення в камерах, призначених для холодильної обробки м'яса в тушах і напівтушах. У цих камерах варто створювати спрямований обдув стегових частин, товщина яких визначає тривалість холодильної обробки напівтуші.

Системи розподілу повітря оцінюються та порівнюються за технологічними, економічними й експлуатаційними показниками.

До технологічних показників відносять рівномірність параметрів повітряного середовища (температура, вологість, швидкість) у вантажному обсязі камер зберігання чи біля поверхні охолоджуваніх (заморожених) продуктів у камерах холодильної обробки; сталість цих параметрів у часі, усушка продуктів і інтенсивність охолодження (заморожування); до економічних – питомі капітальні й експлуатаційні витрати, а до експлуатаційних – зручність монтажу, експлуатації та ремонту, а також можливість регулювання системи за зміни умов роботи охолоджуваного приміщення.

1.1. Системи розподілу повітря в камерах холодильної обробки харчових продуктів

У камерах холодильної обробки харчових продуктів застосовують системи розподілу повітря, що формують вільні струмені, тобто повітря рухається за закономірностями вільних струменів. Ці системи розподілу повітря поділяють на:

Тунельна система складається з тунелю, у якому знаходиться харчовий продукт, що підлягає холодильній обробці, і перегородок, що організують рух повітряного потоку в системі. Повітря може переміщуватись уздовж короткої (поперечний рух) і довгої (подовжній рух) сторін приміщення чи у вертикальній площині тунелю (рис. 1.1).

Охоложене у повітроохолоджувачі повітря вентиляторами направляється в тунель, де воно омиває продукт, який може розташовуватись на підвісних шляхах, етажерках, а також знаходитися у формах, ящиках чи у коробках.

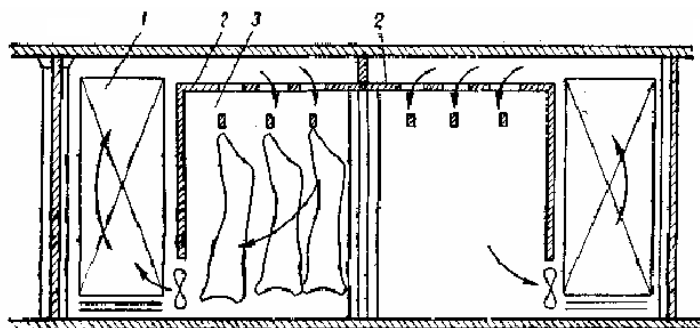


Рисунок 1.1 – Тунельна система розподілу з рухом повітря у вертикальній площині: 1 – охолоджувач повітря; 2 – перегородки; 3 – тунель. Стрілки показують напрямок руху повітря

Тунелі з поперечним рухом повітря через значний перетин оснащуються кількома осьовими вентиляторами, а тунелі з подовжнім рухом – відцентровими. Для тунелів із подовжнім рухом повітря характерний значний аеродинамічний опір у циркуляційному кільці і менша порівняно з тунелями з поперечним рухом, витрата повітря.

Тунельну систему розподілу повітря застосовують у камерах холодильної обробки продуктів.

Удавану стелю виготовляють із азбестшиферних чи з пластикових листів, установлених у вигляді щитів між балками підвісних шляхів. У щитах, покладених над рейками підвісних шляхів, передбачаються щілини шириною 30...40 мм.

Висота простору, що утвориться між удаваною стелею і перекриттям, у багатопверхових холодильниках складає 800 мм; висота цього простору в одноповерхових холодильниках визначається величиною нахилу покрівлі.

Елемент конструкції камери, обладнаної удаваною стелею, представлений на рис. 1.2. Ширина щілин удаваної стелі 30...40 мм, а довжина 300...700 мм за відстані між щілинами 200...300 мм. При зазначених конструктивних розмірах щілин удаваної стелі система розподілу повітря забезпечує розрахункові швидкості руху повітря.

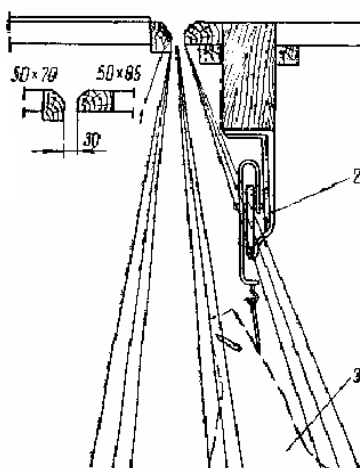


Рисунок 1.2 – Елемент конструкції камери, обладнаної удаваною стелею: 1 – удавана стеля; 2 – підвісний шлях; 3 – напівтуша м'яса

Система повітряного душування складається з металевих повітроводів прямокутного чи фасонного перетину, що знаходяться над підвісними шляхами. У повітропроводи вмонтовані циліндричні сопла діаметром 50 мм, розташовані в шаховому порядку (5...6 сопел на 1 м довжини повітропроводу).

У разі повітряного душування напівтуш м'яса стегові частини обдуваються повітряними струменями, що виходять із сопел.

Елемент конструкції камери, обладнаної системою повітряного душування, показаний на рисунку 1.3а, характер розвитку повітряних струменів у напівтуш м'яса – на рисунку 1.3б.

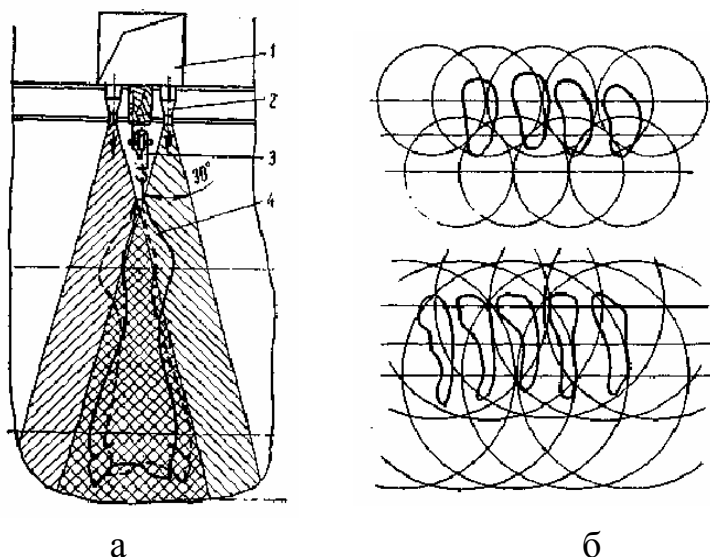


Рисунок 1.3 – Конструкції елементів камери, обладнаної системою повітряного душування: а – елемент конструкції камери, обладнаний системою повітряного душування; б – характер розвитку повітряних струменів біля напівтуш м'яса

Виходячи із сопел і розширюючись за рахунок ежекції навколишнього повітря, струмені повітря зливаються та рухаються одним потоком, обдуваючи спочатку з найбільшою швидкістю стегові частини напівтуш, а потім із меншою – лопаткові. Під час руху струменів їхні прикордонні шари складаються, у результаті чого середня швидкість руху повітря в зоні стегна напівтуші стає вище середньої швидкості струменя, що виходить із окремого сопла.

Повітроводи з подовжніми чи з поперечними щілинами. Система розподілу повітря складається з повітроводів, розташованих між підвісними шляхами (рис. 1.4). Холодне повітря, що виходить із сопел, обдуває товсті стегові частини напівтуш. На відміну від системи повітряного душування виготовлення повітроводів із щілинами значно простіше і дешевше. Під час подачі повітря в камеру через подовжні щілини з оптимальною швидкістю обдувається лише частина поверхні стегової частини напівтуші, що приводить до зростання тривалості холодильної обробки м'яса.

Більш досконалою є система подачі повітря через поперечні щілини повітроводів, що доцільно розміщати між підвісними шляхами (це дозволяє наблизити повітровід до продукту і значно знизити швидкість виходу повітря із сопла). Для нормального обдуву стегових частин напівтуші необхідно передбачити вісім щілин на 1 м повітропроводу.

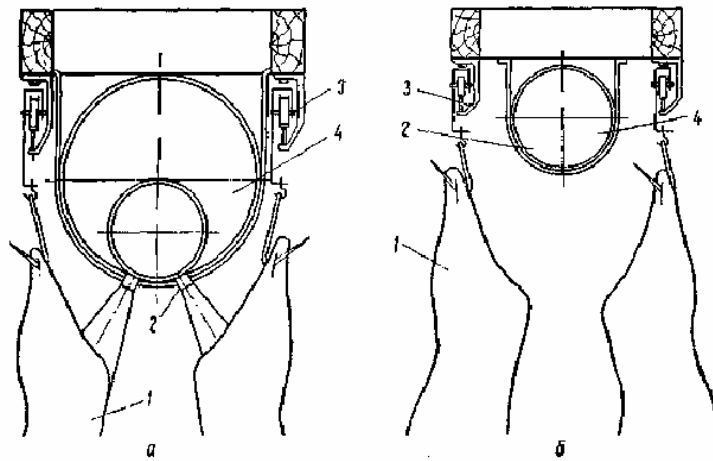


Рисунок 1.4 – Елемент конструкції камери, обладнаної повітrowодами: а – з подовжніми щілинами; б – з поперечними щілинами; 1 – напівтуша м'яса; 2 – сопло; 3 – підвісний шлях; 4 – повітrowід

1.2. Системи розподілу повітря в камерах зберігання харчових продуктів

На відміну від камер холодильної обробки харчових продуктів в камерах зберігання застосовують системи розподілу повітря, що формують обмежені в просторі струмені (повітря рухається за закономірностями обмежених струменів), їх поділяють на:

Двоканальна система

У камерах зберігання рух повітря доцільно організувати за допомогою систем розподілу повітря таким чином, щоб створити рівномірні поля (температурне й вологісне) у вантажному обсязі камери; екранувати зовнішні огороження охолоджуваних приміщень повітряними струменями.

Двоканальна система розподілу повітря (рис. 1.5) складається з усмоктувального й нагнітального каналів із вікнами, вентилятора і повітроохолоджувача.

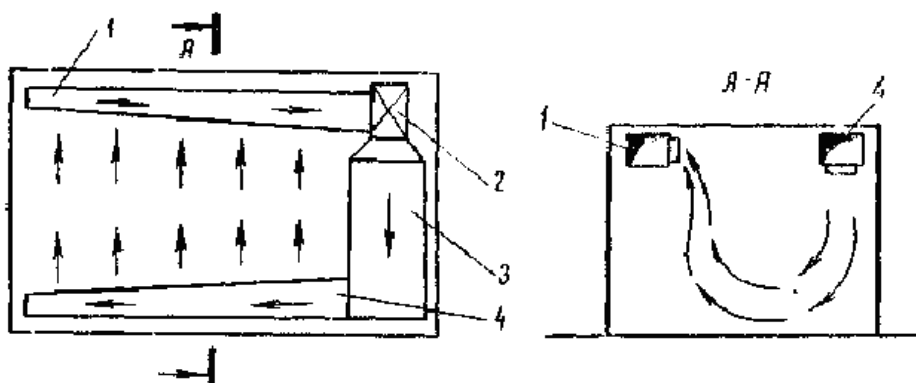


Рисунок 1.5 – Двоканальна система розподілу повітря: 1 – всмоктувальний канал; 2 – вентилятор; 3 – охолоджувач повітря; 4 – нагнітальний канал. Стрілки показують напрямок руху повітря

Із приміщення повітря засмоктується через усмоктувальний канал і вентилятором подається в повітроохолоджувач, у якому повітря охолоджується й осушується. Після повітроохолоджувача холодне повітря направляється

нагнітальним каналом в приміщення, де нагрівається та зволожується. Рівномірність розподілу повітря досягається монтажем великої кількості вікон (два-три на шестиметровий прогін), із яких повітря подається в охолоджуване приміщення зі швидкістю 1...2 м/с.

Для часткового екранування теплового потоку через зовнішні огороження нагнітальні канали розташовують ближче до стелі, а вікна для подачі повітря – на нижній поверхні каналу. У цьому випадку холодне повітря, що виходить з вікон, створює повітряну завісу біля зовнішніх стін.

За двоканальної системи спостерігається помітна швидкість руху повітря тільки поблизу вікон нагнітальних каналів. Оскільки частину приміщення займають канали, зменшується його вантажний обсяг.

Одноканальна система

За одноканальної системи в охолоджуваному приміщенні розміщуються тільки нагнітальні канали. Одноканальна система розподілу повітря (рис. 1.6) виконується з ежекторною подачею повітря і подачею через вікна.

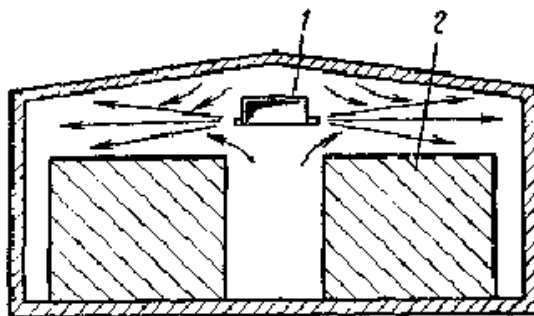


Рисунок 1.6 – Одноканальна система розподілу повітря: 1 – нагнітальний канал; 2 – штабель вантажу. Стрілки показують напрямок руху повітря

За ежекторної подачі холодне повітря направляється в приміщення через сопла різної конструкції, вмонтовані в повітроводи.

У камерах зберігання харчових продуктів повітроводи розміщуються у верхній зоні камери над вантажним проходом.

У одноканальній системі з подачею повітря через вікна холодне повітря направляється в камеру зберігання фруктів через отвори з невеликою швидкістю. Температура холодного повітря на 2...3°С нижче температури повітря приміщення.

Рівномірна швидкість руху повітря у вантажному обсязі камер зберігання з одноканальною системою розподілу повітря досягається розміщенням розгалуженої системи повітроводів із великою кількістю вікон.

Спеціальні автоматичні заслінки вікон регулюють кількість повітря яке подається.

Безканальна система

За безканальної системи холодне повітря подається в приміщення через циліндричні, конічні чи прямокутні сопла (насадки).

Повітря звичайно охолоджується в постаментних повітроохолоджувачах (рис. 1.7а), що витісняються підвісними. Такі повітроохолоджувачі не займають

будівельну площу охолоджуваних приміщень і розташовуються на відстані 3...6 м один від одного.

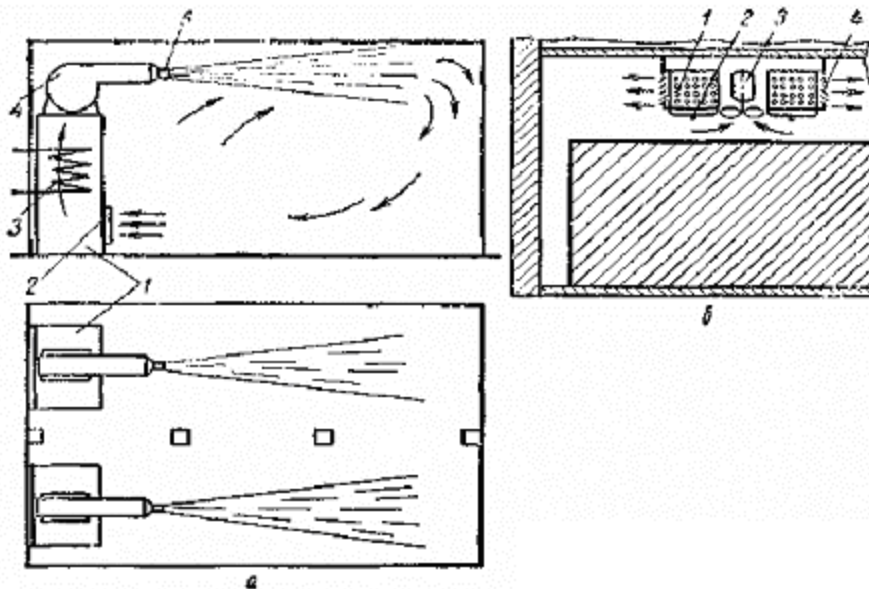


Рисунок 1.7 – Безканальна система розподілу повітря: а – з постаментними охолоджувачами повітря; 1 – постаментний охолоджувач повітря; 2 – всмоктувальне вікно; 3 – охолоджувальні секції; 4 – відцентровий вентилятор; 5 – сопло; б – з підвісними охолоджувачами повітря; 1 – підвісний охолоджувач повітря; 2 – піддон розподілювача повітря; 3 – вентилятор; 4 – апарат, що направляє. Стрілки показують напрям руху повітря

Повітря, охолоджене у підвісному охолоджувачі повітря (рис. 1.7б), подається в камеру за допомогою апарата, що направляє. Його конструктивне оформлення, що забезпечує раціональний рух холодного повітря, залежить від призначення охолоджуваного приміщення.

1.3. Основи розрахунку параметрів повітря

1.3.1. Основи розрахунку параметрів повітря, що рухається за закономірностями вільних струменів

Вільним повітряним струменем називають струмінь, що виходить із отвору в безмежний простір, заповнений нерухомим повітрям із тими ж фізичними параметрами, що і повітря струменя.

За закономірностями вільних струменів параметри (кількість, середня й осьова швидкості) повітря, що рухається, розраховують для приміщень, живий перетин яких досить великий для проходу повітря. Ці параметри визначають на невеликих відстанях від вихідного отвору сопла (до 20...30 діаметрів сопла). Такими приміщеннями є камери охолодження й заморожування м'яса в тушах і напівтушах.

У приміщення повітря подається за допомогою сопел. Виходячи з отвору сопла, струмінь розширюється, утягуючи в рух частини навколишнього повітря приміщення. У результаті ежекційної дії струменя, що рухається, поступово росте його маса і збільшуються розміри. Унаслідок гальмуючої дії частинок

навколишнього повітря швидкість руху струменя поступово знижується. Схема вільного струменя та характер зміни швидкості w_x у перетині показані на рис. 1.8.

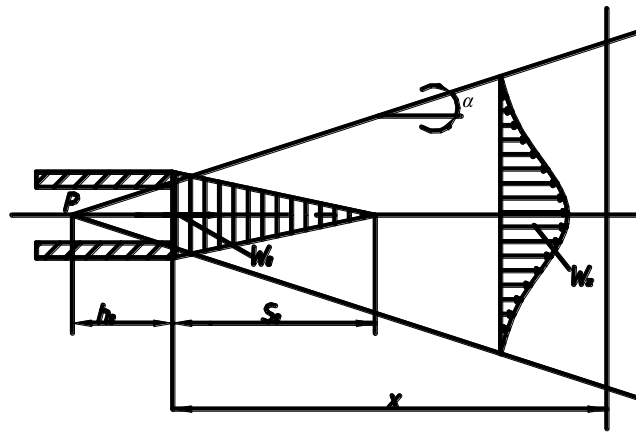


Рисунок 1.8 – Схема вільного струменя

У соплі, з якого виходить струмінь, розташований її полюс P на відстані h_0 від його початкового (вихідного) перетину O . Промені, проведені з полюса через краї вихідного отвору, є зовнішніми границями струменя. За межами цих променів осьова швидкість струменя дорівнює нулю. Кут між променями дорівнює 2α .

У вільному струмені розрізняють початкову й основні ділянки. На початковій ділянці s_0 швидкість руху повітря по осі струменя залишається незмінною та рівною початковій швидкості w_0 . Область струменя з постійною швидкістю називають її ядром (заштрихований конус). Починаючи від вершини цього конуса, йде основна ділянка, яка характеризується швидкостями, що зменшуються в міру віддалення струменя від осі.

Сопла можуть бути циліндричні, конічні, а також плоскі з прямокутним перетином (рис. 1.9). Для сопел однакової форми струмені, що виходять із них, є подібними.

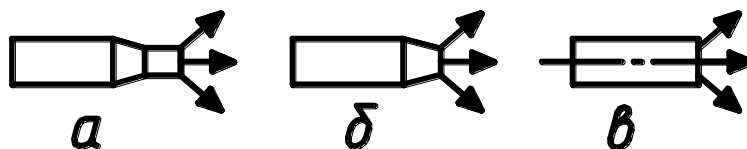


Рисунок 1.9 – Різні види сопел (насадок): а – циліндричне; б – конічне; в – плоске

Подібність струменів дозволяє визначати їхні параметри через один узагальнюючий критерій $\frac{a_T x}{d_0}$ для циліндричних сопел і $\frac{a_T x}{b_0}$ для плоских (a_T – коефіцієнт турбулентності, x – відстань від країв сопла до перетину, d_0 – діаметр сопла, b_0 – половина висоти плоского сопла).

Коефіцієнт турбулентності a_T характеризує інтенсивність перемішування повітря і залежить від форми сопла. Його чисельне значення складає для циліндричних сопел 0,076; конічних 0,066...0,071, плоских 0,09...0,12.

Формули для визначення параметрів вільних струменів приведені в табл. 1.1.

Кількість холодного повітря, яке необхідно подавати в охолоджуване приміщення через сопла, визначають за формулою

$$V_0 = \frac{Q_{об}}{\rho_k (i_k - i_l)}, \quad (1.1)$$

де V_0 – кількість холодного повітря, м³/с;

$Q_{об}$ – теплове навантаження на обладнання приміщення, яке охолоджується, Вт;

ρ_k – щільність повітря в камері, кг/м³;

i_k – тепловміст повітря охолоджуваного приміщення, Дж/кг;

i_l – тепловміст повітря, яке подається через сопло, Дж/кг.

Кількість повітря, яке подається в охолоджуване приміщення за допомогою різних сопел, визначають формулою для циліндричних сопел

$$V_0 = \frac{\pi d_0^2}{4} n \omega_0, \quad (1.2)$$

для плоских сопел прямокутного перерізу

$$V_0 = 2b_0 \ln \omega_0, \quad (1.3)$$

де n – кількість сопел;

l – довжина сопла, м.

Задаючись початковою швидкістю виходу повітря із сопел (значення початкової швидкості для камер холодильної обробки не повинне перевищувати 20...25 м/с) і знаючи розміри одного сопла, можна з рівняння (1.3) знайти їхню кількість.

Надалі під час розрахунків параметрів вільних струменів необхідно перевірити технологічну швидкість і температуру в зоні розташування стегнової частини напівтуші, де швидкість руху повітря повинна складати $\omega_{xm} = 1...2$ м/с.

При підстановці значень у формули для середньої швидкості може не вийти рівності між правою і лівою частинами рівнянь, оскільки ці значення задавалися попередньо. Змінюючи величини ω_0 чи розміри сопел, варто домогтися рівності обох частин рівнянь (табл. 1.1), розрахувати струмінь необхідної далекобійності $\frac{x}{d_0}$ (або $\frac{x}{b_0}$) і визначити швидкість ω_0 , з якою повітря повинне виходити із сопла.

Таблиця 1.1 – Основні формули для розрахунку

Відносні показники	Сопло	
	циліндричне	плоске
Відстань від початкового перерізу до полюсу струменя $\left(\frac{h_0}{d_0} \text{ или } \frac{h_0}{b_0}\right)$	$\frac{0,145}{a}$	$\frac{0,41}{a}$
Тангенс бокового кута розширення струменя ($tg \alpha$)	$\frac{d_0}{2/t_0} \text{ или } \frac{a_T}{0,29}$	$\frac{b_0}{h_0} \text{ или } \frac{a_T}{0,41}$
Кількість повітря, яке рухається $\left(\frac{V_x}{V_0}\right)$	$4,36 \left(\frac{a_T x}{d_0} + 0,145\right)$	$1,2 \sqrt{\frac{a_T x}{b_0} + 0,41}$
Швидкість		
осьова $\left(\frac{\omega_x}{\omega_0}\right)$	$\frac{0,48}{\frac{a_T x}{d_0} + 0,145}$	$\frac{1,2}{\sqrt{\frac{a_T x}{b_0} + 0,41}} \quad (1)$
середня $\left(\frac{\omega_{ср}}{\omega_0}\right)$	$\frac{0,226}{\frac{a_T x}{d_0} + 0,145}$	$\frac{0,82}{\sqrt{\frac{a_T x}{b_0} + 0,41}}$
Середня температура $\left(\frac{t_k - t_x}{t_k - t_1}\right)$; t_k – середня температура повітря в камері; t_x – температура наростання від кромки сопла; t_1 – температура повітря, яке подається в камеру	$\frac{0,226}{\frac{a_T x}{d_0} + 0,145}$	$\frac{0,82}{\sqrt{\frac{a_T x}{b_0} + 0,41}}$

1.3.2. Основи розрахунку параметрів повітря, що рухається за закономірностями обмежених струменів

Струмінь, що розвивається в обмеженому обсязі, називають **обмеженим**. Струмінь, поданий у приміщення, інтенсивно втягує в рух навколишнє повітря і швидко збільшується в обсязі. На деякій відстані від сопла маси повітря починають відокремлюватися від струменя. У зв'язку з цим у приміщенні виникають зворотні потоки повітря. Слід зазначити, що через усмоктувальне вікно повітроохолоджувача видаляється тільки та кількість повітря, що подається в приміщення через сопла. Схема розвитку стиснутого струменя показана на рис. 1.10.

Параметри, які необхідно визначити для розрахунку обмеженого струменя, такі: безрозмірна відстань \bar{x} по осі струменя, безрозмірне відношення $\frac{\sqrt{F_n}}{d_0}$, відстань h_0 від крайки сопла до полюса, безрозмірна відстань \bar{x} у випадку налипання струменя на площу поверхні огороження.

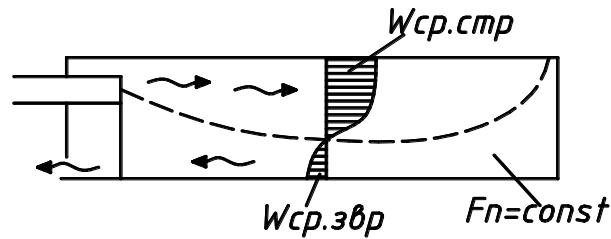


Рисунок 1.10 – Схема розвитку обмеженого струменя: $\omega_{ср.смп.}$ – середня швидкість струменя; $\omega_{ср.обр.}$ – середня швидкість потоку; F_n – площа поперечного перерізу приміщення

Безрозмірну відстань по осі струменя визначають за формулою

$$\bar{x} = \frac{a_T x}{\sqrt{F_n}}. \quad (1.4)$$

Відстань від країв сопла до полюса розраховують за рівнянням

$$h_0 = 0,145 - \frac{d_0}{a_T}.$$

У випадку налипання струменя на поверхню огороження безрозмірну відстань знаходять за формулою

$$\bar{x} = \frac{a_T x}{\sqrt{0,5F_n}}. \quad (1.5)$$

В охолоджуваних приміщеннях розвитку струменів перешкоджають не тільки огороження, але і вантажі, що знаходяться в них. У таких приміщеннях розвиток струменів підкоряється законам обмежених струменів.

У рівняннях (1.4) і (1.5) під величиною F_n варто вважати площу поперечного перерізу приміщення, не зайнятого вантажем.

Площа струменя поступово зростає, і на відстані $\bar{x}=0,2...0,22$ відносний розмір $\frac{F_{смп}}{F_n} = 0,4...0,42$ ($F_{смп}$ – площа струменя). На цій же відстані кількість повітря, що проходить через перетин, досягає максимального значення

$$\left[\frac{V_{смп.}}{V_0} \cdot \frac{d_0}{\sqrt{F_n}} \right]_{max} = 0,55,$$

де $V_{смп.}$ – кількість повітря в струмені, м³/с.

Кількість повітря в струмені поступово зменшується і на відстані $\bar{x}=0,45...0,5$ стає рівною нулю. За $\bar{x}=0,2$ безрозмірна середня швидкість руху

зворотного потоку є максимальною

$$\left[\frac{\omega_{\text{ср.обр.}}}{\omega_0} \cdot \frac{\sqrt{F_n}}{d_0} \right]_{\text{max}} = 0,69.$$

Основні формули для розрахунку систем розподілу повітря, що формують обмежені струмені, наведено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Основні формули для розрахунку

№ з/п	Параметр	Вираз
1	Кількість повітря в струмені V_x	$\frac{V_x}{V_0} \cdot \frac{\sqrt{F_n}}{d_0} = 0,178(10\bar{x})e^{12,1x-50x^2}$
2	Осьова швидкість ω_x	$\frac{\omega_x}{\omega_0} \cdot \frac{1,41A}{\sqrt{F_n}} \cdot \frac{e^{-0,01 \frac{\sqrt{F_n}}{d_0} \bar{x}}}{\bar{x}} - 14,45 \left(\frac{\sqrt{F_n}}{d_0} \right)$
3	Середня швидкість руху повітря в струмені ω_{xm}	$\frac{\omega_{xm}}{\omega_0} \cdot \frac{\sqrt{F_n}}{d_0} = 0,247(10\bar{x})^2 e^{21,78\bar{x}-33\bar{x}^2}$
4	Середня швидкість зворотного потоку $\omega_{\text{ср.обр}}$	$\frac{\omega_{\text{ср.обр.}}}{\omega_0} \cdot \frac{\sqrt{F_n}}{d_0} = 11,3\bar{x}e^{-11,5\bar{x}+47\bar{x}^2-0,8\bar{x}^3} \quad (5)$
5	Площа, яку займає струмінь, $F_{\text{ср}}$	$\frac{F_{\text{ср.}}}{F_{\Pi}} = 0,565(10\bar{x}^3)e^{-9,68\bar{x}-12\bar{x}^2}$

У камерах зберігання продуктів необхідно забезпечити середню швидкість руху зворотного потоку наприкінці дії струменя. Абсолютне значення максимальної середньої швидкості руху зворотного потоку складає 1...1,5 м/с, а мінімальної – 0,3...0,5 м/с за $x = L_{\text{ср}}$ ($L_{\text{ср}}$ – гранична відстань від полюса струменя до кінця приміщення).

Цю відстань знаходять за формулою

$$L_{\text{ср}} \leq 4,6\sqrt{F_n}. \quad (1.6)$$

Мінімальну відстань від стелі до верха штабеля визначають за рівнянням

$$H_{\text{min}} = \frac{L_{\text{ср.}}^2}{21B}, \quad (1.7)$$

де H_{min} – відстань від стелі до верху штабеля, м;

B – ширина приміщення, яке обслуговується одним струменем, м.

Приймаючи значення середньої швидкості зворотного потоку, що рекомендується, й обчислюючи значення за формулою (1.5), необхідно домогтися

рівності обох частин рівняння середньої швидкості зворотного потоку (табл. 1.1), змінюючи значення величин ω_0 , d_0 і F_n .

Запитання до розділу

1. Які системи розподілу повітря застосовують у технологічному холодильному обладнанні?
2. За якими показниками оцінюються і порівнюються системи розподілу повітря?
3. У чому полягає суть вільного повітряного струменя? Наведіть схему розвинення вільного струменя.
4. Охарактеризуйте системи розподілу повітря з розвиненим вільним струменем.
5. Наведіть приклади практичного застосування систем розподілу повітря в камерах холодильної обробки харчових продуктів.
6. Які конструктивні особливості системи повітряного душування?
7. В яких випадках доцільно застосовувати тунельну систему розподілу повітря?
8. З якою метою в камерах холодильної обробки встановлюють удавану стелю?
9. Наведіть алгоритм для розрахунку параметрів повітря, що рухається, за закономірностями вільних струменів.
10. Які системи розподілу повітря використовуються в камерах зберігання харчових продуктів? Наведіть коротку характеристику кожної системи.
11. У чому полягає суть обмежених струменів?
12. Наведіть схему розвинення обмеженого струменя.
13. Наведіть алгоритм розрахунку параметрів повітря, що рухається, за закономірностями стиснених струменів.

РОЗДІЛ 2

ХОЛОДИЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОХОЛОДЖЕННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

2.1. Обладнання камер охолодження м'яса

Холодильне технологічне обладнання для охолодження продуктів має свої специфічні особливості, тому воно може бути класифіковане як обладнання для охолодження м'яса й риби, плодів і овочів, птиці, молока й молочних продуктів.

2.1.1. Обладнання камер із природним рухом повітря

Досконалість камер охолодження м'яса оцінюється технологічними (тривалість і рівномірність холодильної обробки, величина усушки м'яса, рівномірність температурних полів, вологість і швидкість руху повітря в об'ємі камери чи тунелю); конструктивними (компактність, металоємність, рівень механізації та автоматизації, оснащеність приладами охолодження, питоме знімання охолодженого м'яса, питома витрата електроенергії); експлуатаційними (надійність роботи, тривалість завантаження й вивантаження, відтавання інею з охолоджувальних приладів, зручність ремонту) і економічними (питомі капітальні й експлуатаційні витрати, вартість охолодження 1 т м'яса) показниками.

Залежно від застосовуваного холодильного обладнання, систем розподілу повітря, а також від організації процесу холодильної обробки м'яса камери охолодження бувають тунельного типу, із сухими та мокрими повітроохолоджувачами, камери із системою повітряного душування, з міжрядними радіаційними батареями й детандерами.

Камери тунельного типу звичайно виконуються з подовжнім чи поперечним рухом повітря. Повітря охолоджується в повітроохолоджувачах, розміщення яких може бути нижнє, бічне і верхнє.

Будова камери тунельного типу з подовжнім рухом повітря показана на рисунку 2.1а. Обладнання камери складається з повітроохолоджувача, відцентрового вентилятора і перегородок, що створюють спрямований рух повітря. Із повітроохолоджувача повітря надходить у тунель, де омиває напівтуші, розташовані на підвісних шляхах. Напівтуші м'яса створюють великий опір, тому повітря спрямовується в простір тунелю, вільний від м'яса, минаючи його центральну частину. У міру руху повітря тунелем він нагрівається. Напівтуші, що знаходяться біля виходу з тунелю, охолоджуються повільніше, ніж напівтуші, розташовані у входу в тунель. Нерівномірність охолодження м'яса в тунелі складає 2...6 год.

Камера тунельного типу з поперечним рухом повітря показана на рис. 2.1б. Паралельно довгій стороні камери є перегородка, що поділяє камеру на два тунелі. Повітря, яке подається вентиляторами, після його охолодження в повітроохолоджувачах рухається в напрямку, перпендикулярному подовжній

осі тунелю.

Для рівномірного охолодження м'яса в камерах застосовують реверсивні вентилятори, що дозволяє змінювати напрямок руху повітря в тунелі (автоматично чи вручну). У цих камерах за температури повітря мінус 2°C та середній швидкості його руху 2...3 м/с тривалість охолодження напівтуш складає 16...18 год.

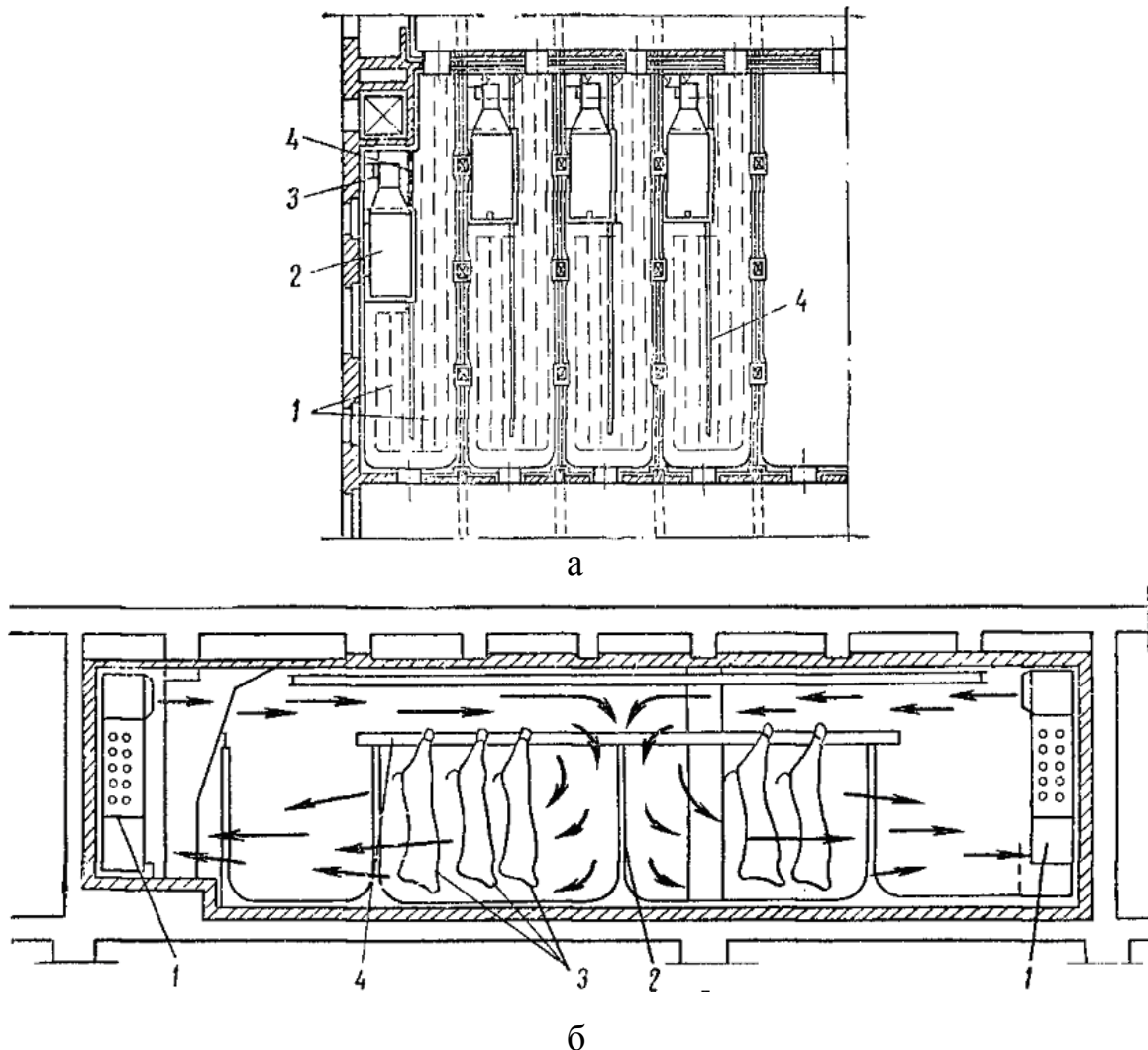


Рисунок 2.1 – Камери охолодження м'яса тунельного типу: а – з подовжнім рухом повітря: 1 – тунель; 2 – охолоджувач повітря; 3 – відцентровий вентилятор; 4 – перегородка; б – з поперечним рухом повітря: 1 – охолоджувач повітря; 2 – перегородка; 3 – охолоджувальні напівтуші м'яса; 4 – каркас підвісного шляху. Стрілки показують напрямок руху повітря

Камери з охолоджувачами повітря

У камерах охолодження м'яса з безканалюю системою розподілу повітря та удаваною стелею звичайно застосовують сухі чи мокрі повітроохолоджувачі.

Залежно від способу оребрення повітроохолоджувачі бувають із високим ступенем оребрення (компактні) і малим, а залежно від розташування повітроохолоджувачів вони можуть бути підлогові, стельові і підвісні.

Розміщення обладнання в камері із сухими підлоговими повітроохолоджувачами і безканалюю системою розподілу повітря

показано на рисунку 2.2. Повітря, що засмоктується вентилятором із камери, проходить через охолоджувальні секції повітроохолоджувача, а потім через циліндричні сопла подається у верхню зону камери.

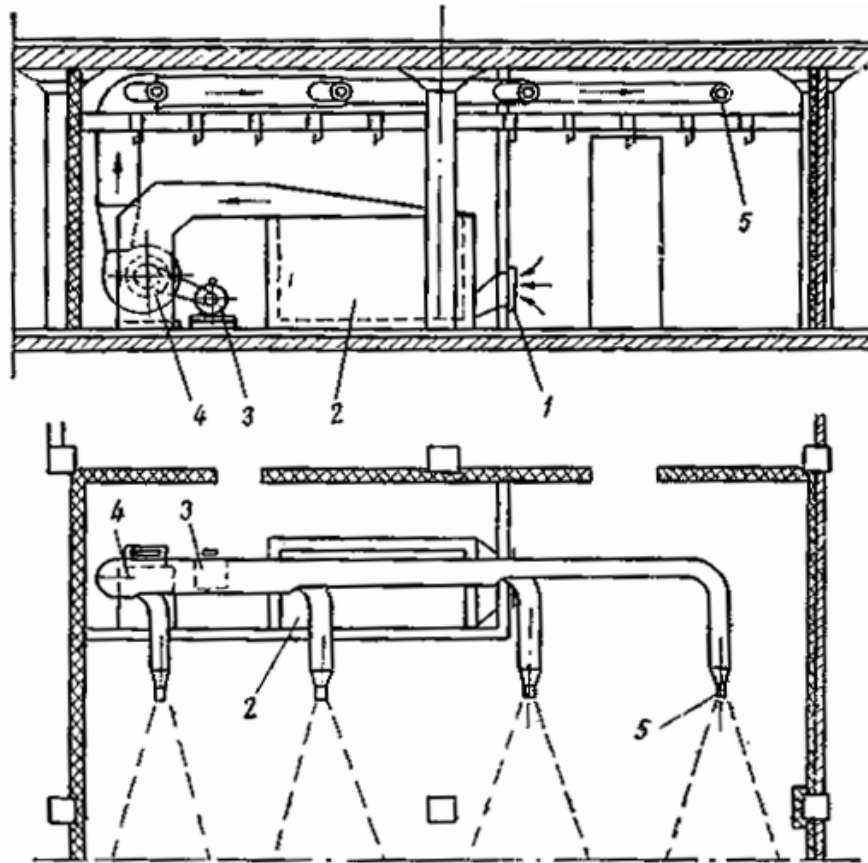


Рисунок 2.2 – Камера охолодження м'яса із сухими підлоговими повітроохолоджувачами та безканалною системою розподілу повітря: 1 – всмоктувальний патрубок; 2 – повітроохолоджувач; 3 – електродвигун; 4 – вентилятор; 5 – сопло

Переваги: простота обладнання, легкий і швидкий монтаж, нескладна експлуатація.

Недоліки: низька швидкість руху повітря в зоні розташування стегна напівтуші (0,4...0,6 м/с); нерівномірне охолодження напівтуш, розташованих у різних зонах камери; підвищена металоємність повітроохолоджувача (до 25 кг на 1 м² теплопередавальної площі поверхні). Крім того, повітроохолоджувачі займають близько 15% площі камери.

Камери із сухими повітроохолоджувачами та удаваною стелею показані на рис. 2.3.

Охоложене в повітроохолоджувачі повітря вентиляторами подається під удавану стелю, а звідти через щілини – у камеру, обдуваючи стегові частини напівтуш. Тривалість охолодження напівтуш м'яса за температури повітря в камері мінус 2°C та швидкості руху повітря біля стегової частини напівтуш 0,6 м/с складає 20...22 год. У камерах такого типу можна створити підвищену швидкість руху повітря біля стегових частин охолоджуваних напівтуш за малої кратності циркуляції (90...100 обсягів на 1 год), у результаті чого зменшується витрата електроенергії на привід вентиляторів.

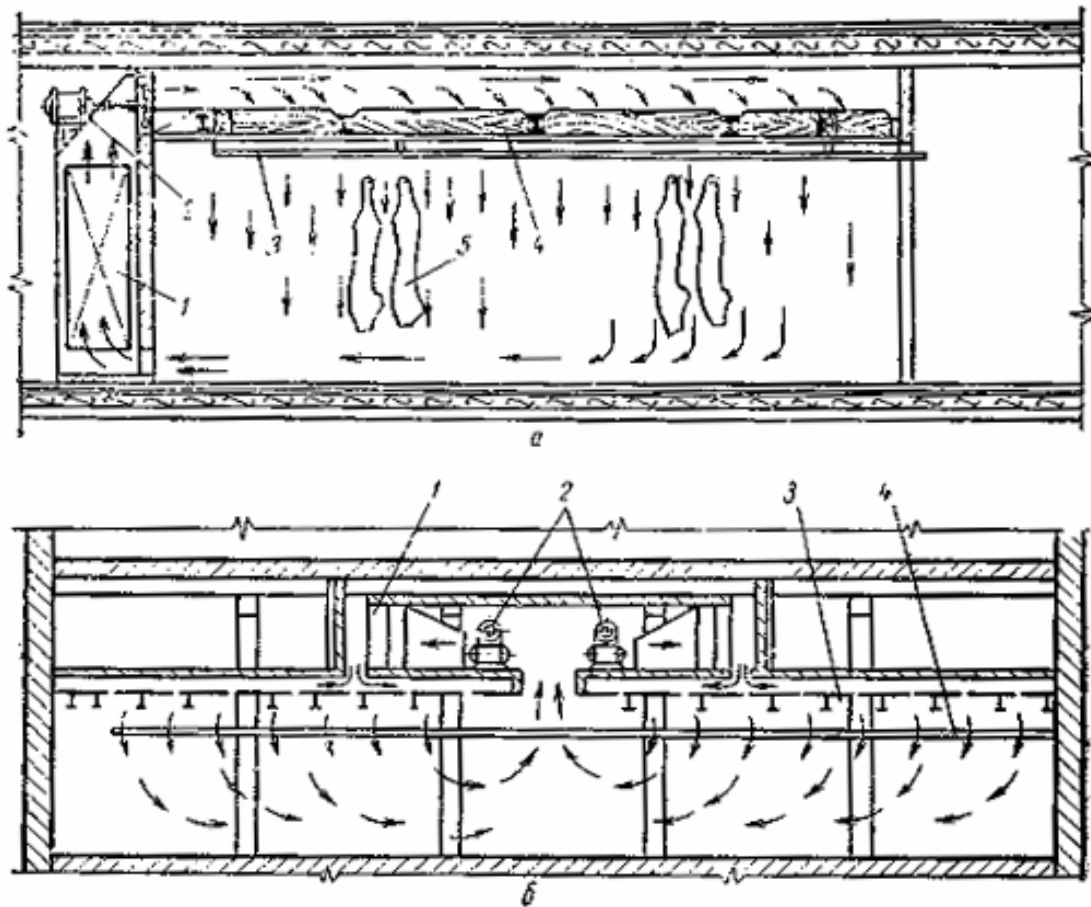


Рисунок 2.3 – Камера охолодження м'яса із сухими повітроохолоджувачами та удаваною стелею: а – з постаментним повітроохолоджувачем: 1 – постаментний повітроохолоджувач; 2 – вентилятор із електродвигуном; 3 – підвісний шлях; 4 – удавана стеля; 5 – охолоджувана туша; б – із стелевим повітроохолоджувачами: 1 – стелевий повітроохолоджувач із вентилятором; 2 – герметичний холодильний агрегат; 3 – удавана стеля; 4 – підвісний шлях. Стрілки показують напрямок руху повітря

Помірний аеродинамічний опір (200–400 Па) у циркуляційному кільці дозволяє застосовувати осьові вентилятори. Повітря розподіляється нерівномірно окремими нитками підвісного шляху і за довжиною камери. Значна частина повітря надходить у камеру не через сопла, а просочується через нещільності, що утворюються в підшивці удаваної стелі в результаті руху напівтуш підвісними шляхами. Найбільша швидкість руху повітря спостерігається наприкінці камери (рахуючи від місця подачі повітря), а найменша – на початку камери. Причому в щілинах, розташованих поблизу від місця подачі повітря, іноді спостерігається підсмоктування повітря. Це приводить до нерівномірності швидкості руху повітря біля стегових частин напівтуш (швидкість змінюється від 0,15 до 1,4 м/с).

Щоб усунути нещільності, щити, з яких виготовляють удавану стелю, закріплюють у місцях їхнього сполучення з балками і перегородками. Канал удаваної стелі виконують конусного перетину, причому кінцева площа перетину каналу складає 0,15...0,3 від початкової площі його перетину. Відношення площі сопел (щілин) до площі початкового перетину каналу не перевищує 0,6.

У камері з мокрими повітроохолоджувачами (рис. 2.4) знаходяться

трубопроводи з форсунками для розприскування, піддон для збирання отепленого холодоносія, нагнітальні та усмоктувальні вікна.

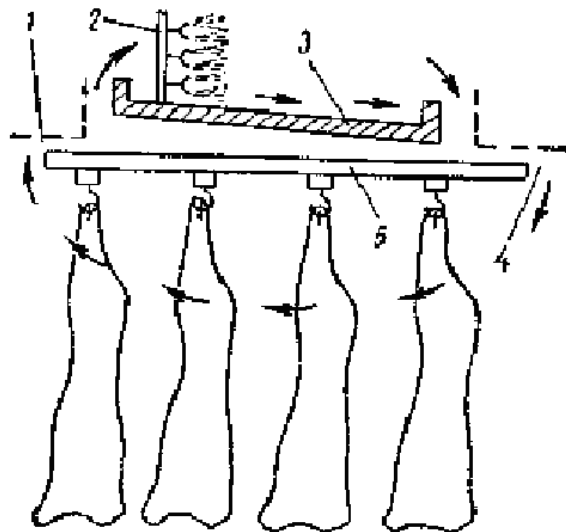


Рисунок 2.4 – Камера охолодження м'яса з мокрими повітроохолоджувачами: 1 – усмоктувальне вікно для виходу теплого повітря; 2 – трубопроводи з розбризкуючими форсунками; 3 – піддон; 4 – нагнітальне вікно для холодного повітря; 5 – балочний каркас підвісного шляху. Стрілки показують напрямок руху повітря

Повітря охолоджується в результаті прямого контакту з холодоносієм (розсіл). За допомогою форсунок холодоносію, температура якого $-8...-10^{\circ}\text{C}$, розприскується. У результаті контакту з холодоносієм охоложене й осушене повітря внаслідок зростання щільності через нагнітальне вікно направляється в камеру. Волога, що міститься в повітрі, поглинається холодоносієм, викликаючи його деконцентрацію. Отеплений холодоносієм збирається в піддоні й направляється у випарник для охолодження.

Оскільки холодильне обладнання камер із мокрими повітроохолоджувачами розташоване під стелею, збільшується висота камери; процес охолодження м'яса (32...36 год) супроводжується значною усушкою, що досягає 2%; нерівномірність охолодження стегової і лопаткової частин напівтуш складає 8...10 год; поверхня м'яса знебарвлюється крапельками холодоносія, які виносяться повітрям; форсунки часто засмічуються; значна деконцентрація холодоносія ускладнює експлуатацію випарників.

Компактні повітроохолоджувачі оснащені трубчастими електронагрівниками типу тенів, які встановлено в охолоджувальних секціях повітроохолоджувачів. За допомогою тенів проводять періодичне (вручну чи автоматично) відтавання й видалення снігової шуби з поверхні охолоджувальних секцій.

Переваги: мала металоємність ($4...5$ кг на 1 м^2 теплопередавальної поверхні), високий ступінь автоматизації, простота в монтажі й експлуатації.

Недоліки: для камер із компактними повітроохолоджувачами й зосередженою подачею повітря – тривалість охолодження напівтуш м'яса, значні енергетичні витрати на привід вентиляторів, підвищена усушка м'яса

і нерівномірність охолодження м'ясних напівтуш.

Камера, що обладнана підлоговим повітроохолоджувачем із великою теплопередавальною площею поверхні, показана на рис. 2.5а. Повітроохолоджувач розташований у центрі камери і поділяє її на дві частини. У камері створюються два циркуляційні кільця.

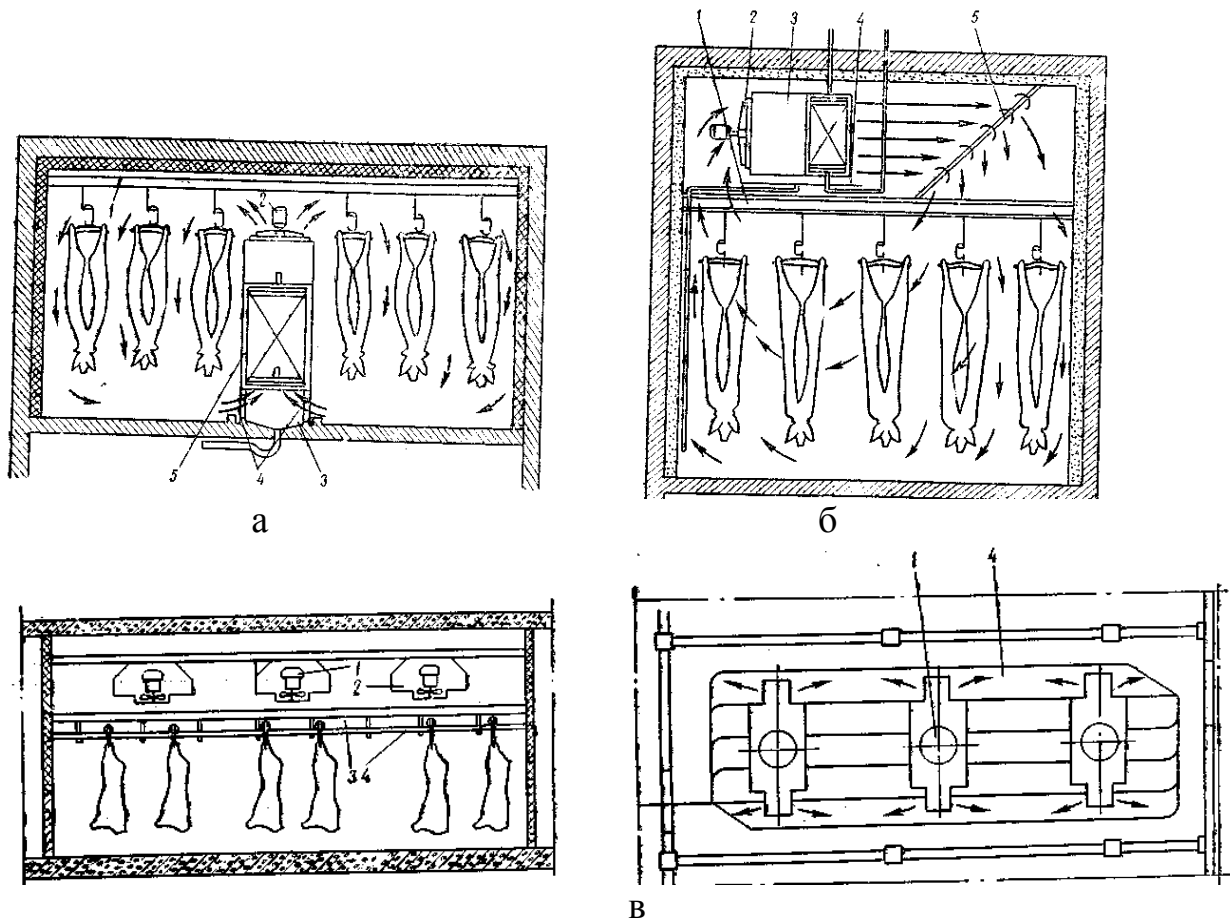


Рисунок 2.5 – Камери охолодження м'яса з компактними повітроохолоджувачами: а – з підлоговим повітроохолоджувачем: 1 – каркас підвісного шляху; 2 – вентилятор; 3 – піддон для збирання води; 4 – всмоктувальне вікно; 5 – повітроохолоджувач; б – із стелевим повітроохолоджувачем та напрямним апаратом для рівномірного розподілу повітря: 1 – каркас підвісного шляху; 2 – осьовий вентилятор; 3 – повітроохолоджувач; 4 – піддон для збирання води; 5 – напрямний апарат; в – з підвісними повітроохолоджувачами: 1 – вентилятор із електродвигуном; 2 – стелевий повітроохолоджувач; 3 – каркас підвісного шляху; 4 – підвісний шлях. Стрілки показують напрямок руху повітря

Із центра приміщення повітря засмоктується вентилятором через вікна, розташовані по обидва боки повітроохолоджувача, охолоджується та знову направляється в камеру. Проте один повітроохолоджувач не забезпечує рівномірного розподілу повітря в камері. Тому в камерах доцільно монтувати спеціальні напрямні апарати (рис. 2.5б).

У разі обладнання камер підвісними повітроохолоджувачами (рис. 2.5в) невеликої продуктивності їх рівномірно розосереджують у приміщенні й іноді поєднують у групи, що знаходяться в різних зонах камери.

У процесі холодильної обробки продуктів найбільш інтенсивно

випаровується волога з поверхні м'яса на початку охолодження. За перші 4...5 год охолодження випаровується 60...75% усієї вологи, що втрачається м'ясом. Ця волога у вигляді інею осідає на поверхні батарей повітроохолоджувачів, що приводить до збільшення аеродинамічного опору, а отже, і до зниження витрат повітря та швидкості його руху біля охолоджуваних напівтуш. На роботі повітроохолоджувачів вплив інею особливо сильно позначається при малому кроці оребрення (до 15 мм). Крім того, снігова шуба є значним тепловим опором. Унаслідок цього компактні повітроохолоджувачі значну частину часу працюють із заниженою холодопродуктивністю, що є істотним недоліком під час роботи таких охолоджувальних приладів у камерах холодильної обробки. Тому в камерах, оснащених компактними повітроохолоджувачами, доцільно проводити проміжне відтавання в процесі холодильної обробки. Прилади варто відтавати через 8...10 год після початку охолодження. Оскільки відтавання повітроохолоджувачів продовжується 20...30 хв, температура повітря в камері підвищується незначно (на 2...3°C), а температура поверхні м'яса практично не змінюється. За середньої температури повітря в камері 0°C та швидкості руху повітря в районі стегової частини напівтуші 0,3...0,4 м/с тривалість охолодження напівтуш під час проведення проміжного відтавання зменшується на 20...25%.

Камери із системою повітряного душування

Камери охолодження м'яса можуть обладуватися системою **безпосереднього повітряного душування** охолоджуваних напівтуш, а також **системою душування через міжшляхові повітроохолоджувачі** (рис. 2.6). У камері із системою безпосереднього повітряного душування знаходяться повітроохолоджувачі з вентиляторами і системами повітроводів, які розташовані над каркасом підвісних шляхів чи під ним.

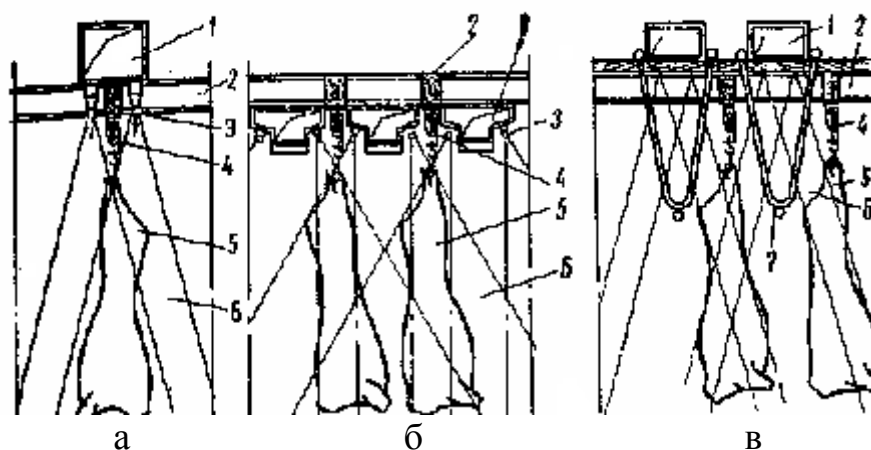


Рисунок 2.6 – Конструктивне оформлення схем повітряного душування: а – через повітроводи, розташовані над каркасом підвісних шляхів; б – через повітроводи, встановлені під каркасом підвісних шляхів; в – через міжшляхові повітроохолоджувачі; 1 – душувальний повітровід; 2 – каркас підвісних шляхів; 3 – сопло; 4 – підвісний шлях; 5 – напівтуша; 6 – повітряний струмінь; 7 – охолоджувальний змійовик

Більш перспективним є розміщення повітроводів під каркасом підвісних шляхів. Відстань між осями сопел по довжині повітроводу 160 мм (6 шт. на 1 м повітроводу), а по ширині близько 450 мм. Перетин повітроводів зменшується східчасто (через кожні 4...5 м). Перетин каналів змінюється за рахунок висоти, у той час як ширина зберігається постійною.

Температура повітря, охолодженого в повітроохолоджувачах, мінус 5...7°C, а швидкість його руху 8...10 м/с. Стегнові частини охолоджуваних напівтуш омиваються повітряними струменями, швидкість яких у зоні стегна складає 1,5...2 м/с.

За **безпосереднього повітряного душування** подача повітря у повітроводи може бути одно- і двоступінчастою. Одноступінчасту подачу застосовують, якщо кожен повітровід має повітроохолоджувач (рис. 2.7).

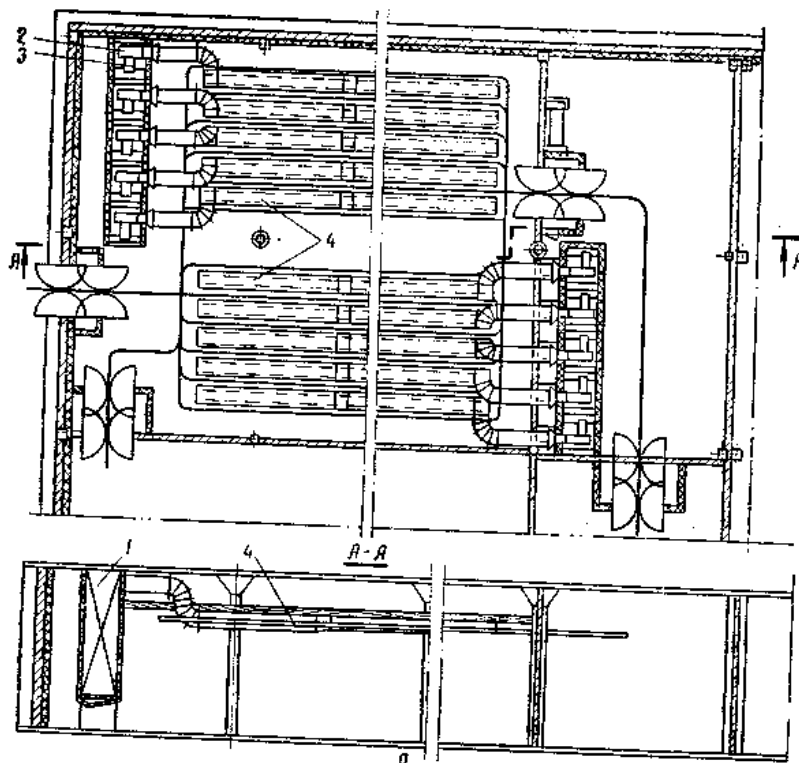


Рисунок 2.7 – Камера охолодження м'яса з системою повітряного душування:
а – з одноступеневою подачею; 1 – повітроохолоджувач; 2 – вентилятор; 3 – електродвигун вентилятора; 4 – душуючий повітровод

За двоступінчастої подачі охоложене у центральному повітроохолоджувачі повітря вентилятором (чи вентиляторами) направляється спочатку у верхню зону камери (рис. 2.8), а потім засмоктується індивідуальними вентиляторами душувальних повітроводів, що нагнітають його у повітроводи із соплами. За двоступінчастої подачі повітря розподіляється рівномірно (порівняно з одноступінчастою) окремими нитками підвісних шляхів камери, енергетичні витрати на подолання опорів у повітроводах знижуються унаслідок відсутності розгалуженої мережі.

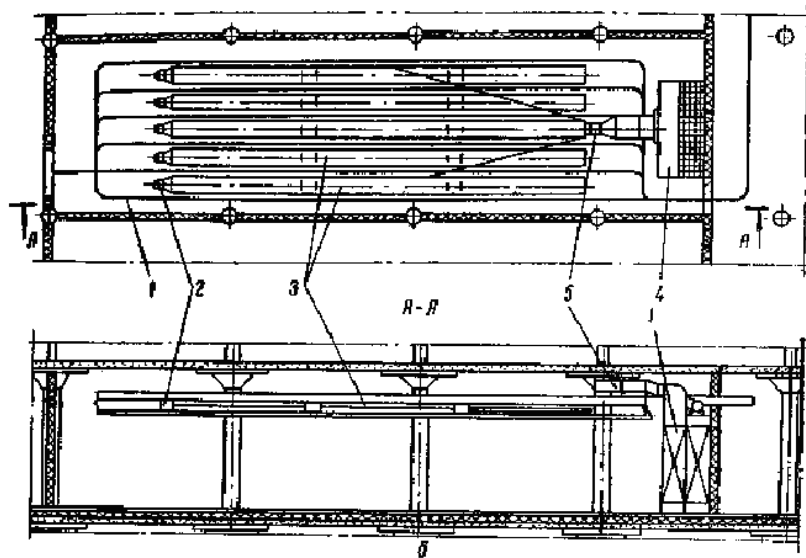


Рисунок 2.8 – Камера охолодження м'яса з системою повітряного душування з двохступінчастою подачею: 1 – підвісний шлях; 2 – вентилятор душувального повітроводу; 3 – душувальний повітровід; 4 – повітроохолоджувач; 5 – сопло

Обладнання камери із системою повітряного душування через міжшляхові повітроохолоджувачі складається з повітроводів постійного чи перемінного перетину із соплами (у кількості 4...6 шт. на 1 м довжини душувального повітроводу), обладнаних індивідуальними вентиляторами, і міжшляхових повітроохолоджувачів, виконаних із гладких чи оребрених труб.

Камера, обладнана міжшляховими повітроохолоджувачами з гладких труб, показана на рис. 2.9.

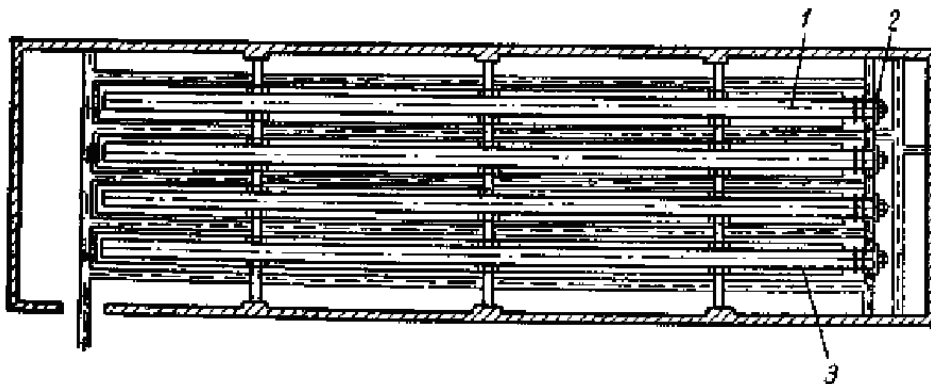


Рисунок 2.9 – Камера охолодження м'яса з міжшляховими повітроохолоджувачами з гладких труб: 1 – повітроводи з соплами; 2 – вентилятори з електродвигунами; 3 – батареї

Вентилятори всмоктують тепле повітря з камери, а потім подають його через сопла повітроводів спочатку на охолоджувальні змійовики повітроохолоджувачів, а потім на напівтуші м'яса. Швидкість руху повітря в зоні розташування стегових частин напівтуш трохи нижча, ніж за безпосереднього повітряного душування, і складає 1...1,5 м/с. Оскільки за наявності міжшляхових повітроохолоджувачів поряд із конвекцією має місце й радіаційний теплообмін, тривалість охолодження м'яса в камерах із системами безпосереднього душування й душування через

міжшляхові повітроохолоджувачі приблизно однакова (14...16 год).

Переваги: міжшляхові повітроохолоджувачі не займають корисну площу підлоги камери, а за необхідності працюють як звичайні стельові батареї.

Недоліки: складність конструкції міжшляхових повітроохолоджувачів і труднощі відведення талої води, що створюється під час відтавання снігової шуби.

Камера з модернізованим міжшляховим повітроохолоджувачем показана на рис. 2.10. Повітроохолоджувач виконаний у вигляді дворядної секції, труби якої розташовані паралельно одна одній. Вентилятор розташовують над охолоджувальними секціями повітроохолоджувача. Повітря нагнітається через спеціальну щілину шириною 30 мм у повітроохолоджувач. Під охолоджувальними секціями встановлений піддон, що обігрівается, з розсікачем повітряного потоку, що направляє повітря до стегових частин охолоджуваних напівтуш.

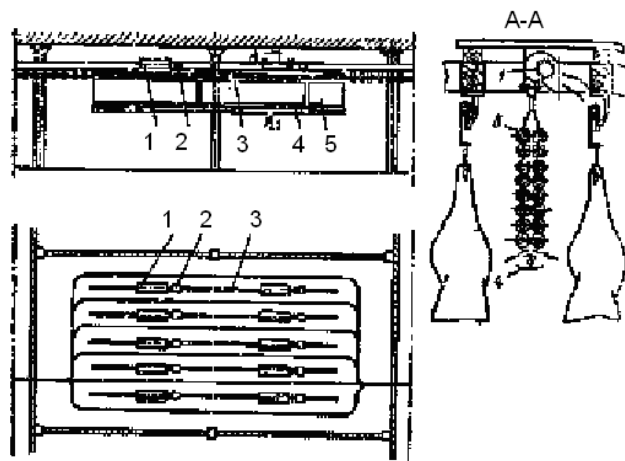


Рисунок 2.10 – Камера охолодження м'яса з системою повітряного душення через модернізований міжшляховий повітроохолоджувач: 1 – діаметральний вентилятор; 2 – електродвигун; 3 – нагнітальний патрубков; 4 – піддон; 5 – охолоджувальні секції

У камерах із модернізованими міжшляховими повітроохолоджувачами сумарна потужність електродвигунів вентиляторів у 1,3 разу менша, а кількість подаваного повітря в 1,7 разу більша, ніж у камерах старої конструкції. Це пояснюється тим, що в камері з модернізованим повітроохолоджувачем повітря проходить найкоротший шлях від напівтуші м'яса до вентиляторів і назад, тоді як у камерах старої конструкції він рухається повітродомом.

2.1.2. Обладнання камер з примусовим рухом повітря

Камери з міжрядними радіаційними батареями

Характерною рисою обладнання камер охолодження м'яса, у яких використовується радіаційний тепловий потік, є наявність міжрядних радіаційних батарей плавникового чи панельного типу. Такі батареї звичайно виконані у вигляді пластин, що встановлюють за всією висотою охолоджуваних

напівтуш між підвісними шляхами чи тільки в зоні розташування стегових частин.

Для інтенсифікації процесу охолодження м'яса застосовують комбіновану систему (повітряно-радіаційну), де прискорення холодильної обробки досягається як посиленням конвективного теплового потоку, так і використанням радіаційного теплового потоку.

Під час охолодження м'яса сумарний тепловий потік визначають за формулою

$$q = q_k + q_s + q_n, \quad (2.1)$$

де q – сумарний тепловий потік, Вт/м²;
 q_k – конвективний тепловий потік, Вт/м²;
 q_s – радіаційний тепловий потік, Вт/м²;
 q_n – тепловий потік під час випаровування вологи з поверхні охолоджуваного м'яса, Вт/м².

Величина теплового потоку залежить від значення коефіцієнта тепловіддачі.

Конвективний коефіцієнт тепловіддачі визначається швидкістю руху повітря, що у свою чергу впливає на енергетичні витрати вентиляторів.

Зміна радіаційного теплового потоку показана на рис. 2.11.

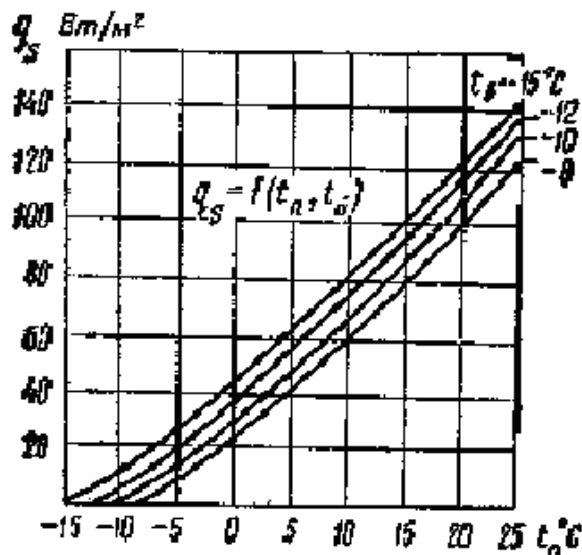


Рисунок 2.11 – Зміна радіаційного теплового потоку під час охолодження м'яса в камері з міжрядними радіаційними батареями

Температуру поверхні батарей за середньої температури кипіння холодильного агента $t_0 = -15^\circ\text{C}$ знаходять із залежності

$$t_0 = t_0 + (2 \div 3) = -15 + 3 = -12^\circ\text{C},$$

де t_0 – температура поверхні батарей, $^\circ\text{C}$;

2...3 – падіння температур у шарі снігової шуби, товщина якої не перевищує 5 мм, $^\circ\text{C}$.

Середня температура площі поверхні стегової частини напівтуші за швидкого її охолодження в камері з міжрядними радіаційними батареями складає 5...7°C.

Для цих умов (рис. 2.11) середнє значення радіаційного теплового потоку (за $t_{\text{н}}=5^{\circ}\text{C}$) дорівнює 55,8 Вт/м².

За оптимальної швидкості руху повітря в зоні стегової частини 1,5...2 м/с конвективний коефіцієнт тепловіддачі, обчислений за рівняннями подібності, складає 14...17,5 Вт/(м²·К), а величину конвективного теплового потоку за температури повітря в камері мінус 4°C знаходять за рівнянням

$$q_k = \alpha_k (t_n - t_k) = (14...17,5) \cdot (5 + 4) = 126 \div 157,$$

де α_k – конвективний коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м²·К).

Таким чином, у камерах із комбінованою системою охолодження радіаційний тепловий потік може складати 30...40% від конвективного. Крім того, використання радіаційного теплового потоку приводить до скорочення усушки.

За холодильної обробки напівтуші інтенсивність випаровування вологи з поверхні визначається залежністю

$$g_n = \beta F (p_n - p_k), \quad (2.2)$$

де g_n – вологий потік, кг/с;
 β – коефіцієнт масовіддачі;
 F – поверхня випаровування, м²;
 p_n – тиск насиченої водяної пари, Па;
 p_k – тиск водяної пари, Па.

Оскільки збільшення конвективного коефіцієнта тепловіддачі за зростання швидкості руху повітряного потоку приводить до зростання коефіцієнта масовіддачі, це спричиняє зростання інтенсивності випаровування вологи.

Будова камери з міжрядними радіаційними батареями плавникового типу й повітроохолоджувачами представлена на рис. 2.12а. Між рядами підвісних шляхів у верхній зоні камери (ємністю 50 т) розташовані міжрядні радіаційні батареї висотою 1400 мм із сумарною теплопередаючою площею поверхні 1200 м². У верхній частині камери встановлені повітроохолоджувачі, виготовлені з оребрених труб. Кожен повітроохолоджувач обслуговується вентилятором продуктивністю 5,55 м³/с.

Повітря, засмоктуване з камери, направляється в охолоджувальні секції повітроохолоджувачів, а потім під підшивку удаваної стелі. Виходячи із сопел, холодне повітря обдуває стегову частину напівтуші зі швидкістю 1,6...1,8 м/с.

За середньої температури повітря мінус 3,5°C тривалість охолодження м'яса складає 13...14 год. Перепад температур за висотою камери не перевищує 0,4...0,5°C.

У камері з комбінованою системою вирішена проблема рівномірного охолодження напівтуші м'яса: тривалість охолодження стегна й лопатки відрізняється незначно (на 2...3 год). Усушка м'яса складає 1,05...1,1%, що приблизно на 20...25% менше, ніж у камерах із повітряною системою охолодження.

Недоліки: громіздкість і металоємність міжрядних радіаційних батарей, а також складність їхнього відтавання й відведення талої води.

Камера охолодження м'яса з міжрядними радіаційними батареями панельного типу показана на рис. 2.12б. Батареї панельного типу компактні, добре вписуються в камеру, навіть за відстані між нитками підвісних шляхів 800 мм із них просто віддаляється снігова шуба. Секції батарей панельного типу можна встановлювати в один чи в два ряди за висотою камери. Із батарей панельного типу поталу воду збирають у піддони. Із них вода дренується через зливальні стояки, що обігріваються.

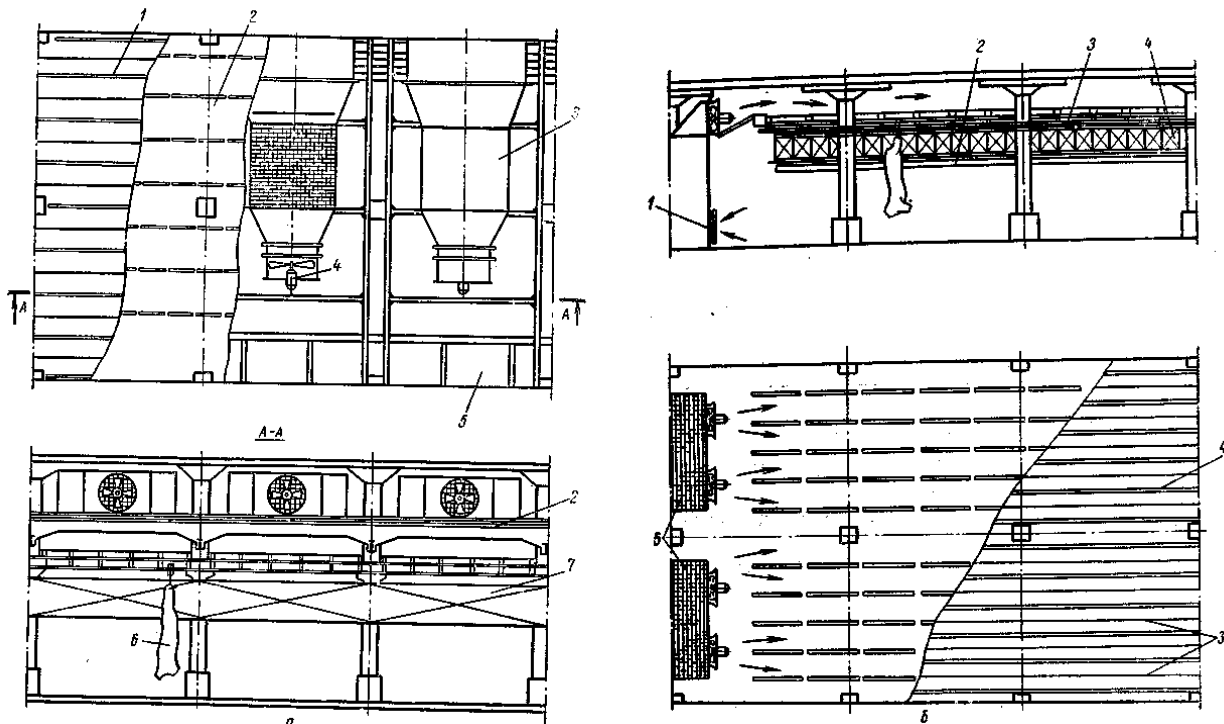


Рисунок 2.12 – Камера охолодження м'яса з міжрядними радіаційними батареями: а – плавникового типу: 1 – підвісний шлях; 2 – удавана стеля; 3 – повітроохолоджувач; 4 – осьовий вентилятор із електродвигуном; 5 – усмоктувальне вікно; 6 – охолоджувана напівтуша; 7 – міжрядна радіаційна батарея; б – панельного типу: 1 – усмоктувальне вікно; 2 – піддон; 3 – підвісний шлях; 4 – міжрядна радіаційна батарея; 5 – постаментний повітроохолоджувач

Конструкції камер із міжрядними радіаційними батареями і підлоговими повітроохолоджувачами застосовують для камер ємністю 30...50 т.

У невеликих камерах охолодження м'яса (ємність 10...20 т) одноповерхових холодильників застосовують підвісні повітроохолоджувачі з міжрядними радіаційними батареями. Обладнання такої камери (рис. 2.13) компактне, має малу металоємність, режим роботи просто автоматизується й програмується.

У камері м'ясо можна охолоджувати в режимі двостадійного охолодження. На першій стадії (досягнення криоскопічної температури мінус 1°C поверхні напівтуш) працюють як міжрядні радіаційні батареї, так і підвісні повітроохолоджувачі, а на другій стадії (доохолодження й вирівнювання температури в м'ясі) – тільки міжрядні радіаційні батареї.

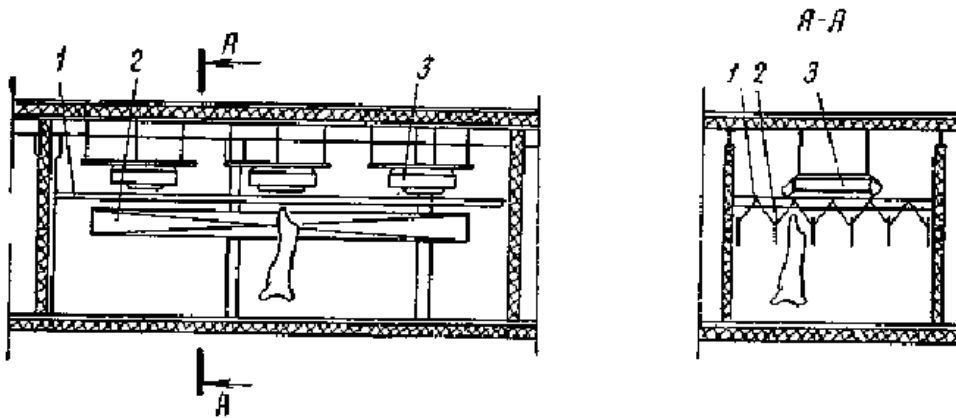


Рисунок 2.13 – Камера охолодження м'яса з підвісними повітроохолоджувачами та міжрядними радіаційними батареями: 1 – балка підвісного шляху; 2 – міжрядна радіаційна батарея; 3 – підвісний повітроохолоджувач

За середньої температури повітря за цикл охолодження мінус 5°C та швидкості його руху в зоні стегна напівтуші 0,7 м/с тривалість холодильної обробки м'яса складає 10...12 год, а усушка м'яса не перевищує 1,1%.

Камери з детандерами

У камерах з детандерами охолодження повітря відбувається не в повітроохолоджувачах, а в детандерах. Принципова схема камери охолодження м'яса з детандером показана на рис. 2.14. Обладнання камери складається з вентилятора високого тиску (чи компресора), теплообмінника, детандера й повітроводів із соплами.

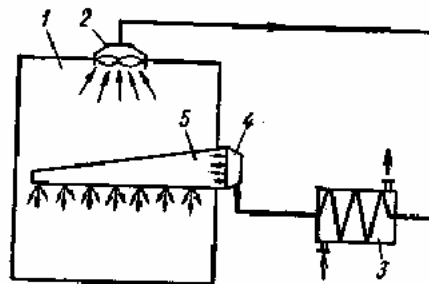


Рисунок 2.14 – Схема камери охолодження м'яса з детандером: 1 – камера; 2 – вентилятор високого тиску; 3 – теплообмінник; 4 – детандер; 5 – повітровід із соплами

Повітря з камери засмоктується вентилятором високого тиску та стискується.

Стиснене повітря, проходячи через теплообмінник, надходить у детандер. Під час розширення повітря в детандері відбувається його охолодження й перенасичення вологою. Холодне та перенасичене вологою повітря, виходячи через сопла зі швидкістю близько 30 м/с, змішується з повітрям камери, утворюючи туман. Крапельки вологи при зіткненні з теплою площею поверхні м'яса випаровуються, інтенсифікуючи процес холодильної обробки. Ступінь насичення й

температуру повітря, що надходить у камеру, можна змінювати кількістю води, що направляється в теплообмінник, а також кількістю повітря, яке подається до детандера.

Переваги: якість м'яса, охолодженого в камері з детандером, гарна, величина усушки на 0,55...0,6% менша, а процес охолодження на 6...8 год швидше, ніж процес охолодження в камері з повітроохолоджувачами.

Недоліки: висока вартість обладнання, а також значні експлуатаційні витрати, пов'язані з підвищеною витратою електроенергії.

2.1.3. Основи розрахунку камер охолодження м'яса

Під час розрахунку камер охолодження потрібно визначити тривалість циклу холодильної обробки; ємність і розміри камери; теплове навантаження на холодильне обладнання; площу поверхні охолоджувальних приладів; кількість повітря, яке подається в камеру; аеродинамічний опір у циркуляційному кільці; потужність електродвигунів вентиляторів.

Тривалість циклу охолодження напівтуш м'яса в камерах визначають за формулою

$$\tau = 0,0962 \frac{c_0 \delta \rho}{\alpha_{np}} \left(\frac{t_{нач} - t_c}{t_{кон} - t_c} \right)^{1,5}, \quad (2.3)$$

де τ – тривалість циклу охолодження напівтуш, с;

c_0 – питома теплоємність м'яса, Дж/(кг·К);

δ – товщина бедреної частини напівтуші, м;

ρ – щільність м'яса, кг/м³;

α_{np} – приведений коефіцієнт тепловіддачі від поверхні м'яса, яке охолоджується Вт/(м²·К);

$t_{нач}$ – початкова температура в центрі бедра, °С;

t_c – середня температура повітря в камері за цикл охолодження, °С;

$t_{кон}$ – кінцева температура в центрі бедра після охолодження, °С.

Приведений коефіцієнт тепловіддачі знаходять за рівнянням: для повітряної системи охолодження (камери з повітроохолоджувачами та з системою повітряного душення)

$$\alpha_{np} = \alpha_k + \alpha_n; \quad (2.4)$$

для повітряно-радіаційної системи охолодження (камери з міжрядними радіаційними батареями)

$$\alpha_{np} = \alpha_k + \alpha_n + \alpha_s; \quad (2.5)$$

де α_n – коефіцієнт тепловіддачі при випаровуванні вологи з поверхні охолоджуваних напівтуш, Вт/(м²·К);

α_s – радіаційний коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м²·К).

Конвективний коефіцієнт тепловіддачі знаходять із критеріального рівняння

$$\frac{\alpha_k \delta}{\lambda_B} = 0,33 Re^{0,58}, \quad (2.6)$$

де λ_B – теплопровідність повітря, Вт/(м·К);
Re – критерій Рейнольдса;

$$Re = \frac{\omega \delta}{\nu_B}, \quad (2.7)$$

ν_B – кінематична в'язкість повітря, м²/с.

Коефіцієнт тепловіддачі за випаровування вологи з поверхні залежить від абсолютної витрати маси напівтуші в процесі охолодження

$$\alpha_n = \frac{\Delta G r}{F(t_n - t_c)\tau}, \quad (2.8)$$

де ΔG – витрати маси напівтуші за її охолодження, кг: $\Delta G = \frac{G_T g_0}{r F \tau}$;

G_m – маса напівтуші, яка поступає в камеру для охолодження, кг;

g_0 – усушка продукту, %;

r – питома теплота фазового перетворення, Дж/кг;

F – площа поверхні напівтуш, м²;

τ – тривалість циклу охолодження, задається попередньо.

У камерах охолодження м'яса з повітряно-радіаційною системою величину коефіцієнта тепловіддачі випаровуванням приймають $\alpha_n = 1,4 - 1,5$ Вт/(м²/К).

Радіаційний коефіцієнт тепловіддачі визначають за залежністю:

$$\alpha_s = 3,78 \theta,$$

де θ – коефіцієнт, який залежить тільки від температурного режиму роботи камери охолодження;

$$\theta = \frac{\left(\frac{T_n}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_\sigma}{100}\right)^4}{t_n - t_\sigma}, \quad (2.9)$$

де T_n – температура площі поверхні бедреної частини напівтуші, К;

T_σ – температура площі поверхні батарей, К.

Тривалість охолодження напівтуш м'яса можна також обчислити за закономірностями регулярного режиму:

$$\tau = \frac{I}{m} \ln \frac{t_{\text{нач}} - t_c}{t_{\text{кон}} - t_c}, \quad (2.10)$$

де m – темп охолодження, год⁻¹, $m = M \cdot m_{\infty}$, (2.11)

M – критерій теплової інерції тіла;

m_{∞} – граничне для даного тіла значення m за $\alpha \rightarrow \infty$; $M = \psi H$;

ψ – коефіцієнт, який характеризує нерівномірність температурного поля;

H – критерій впливу зовнішнього середовища;

$$H = \frac{\alpha_{np}}{\lambda} K \frac{F}{V}, \quad (2.12)$$

λ – теплопровідність тіла, Вт/(м·К);

K – коефіцієнт форми тіла, м²;

V – обсяг тіла, м³.

Залежність M от H представлена на рис. 2.15.

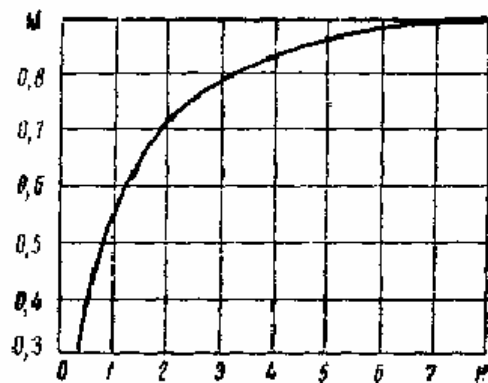


Рисунок 2.15 – Залежність M от H

Постійні, які входять у рівняння (2.11) та (2.12), рівні $m_{\infty} = 0,181ч^{-1}$;
 $K = 0,0026 м^2$; $V / F = 0,073 м$.

Ємність камери залежить від продуктивності та тривалості циклу охолодження

$$G = \frac{G' \tau_{ц}}{24}, \quad (2.13)$$

де G – ємність камери, т;

G' – продуктивність камери, т на добу;

$\tau_{ц}$ – тривалість циклу охолодження, год;

$$\tau_{\text{ц}} = \tau + \tau_{3.6}, \quad (2.14)$$

$\tau_{3.6}$ – тривалість завантаження та вивантажування камер з періодичним завантаженням та вивантажуванням, год.

Площу підлоги камери визначають за формулою

$$F_c = \frac{G}{g_F}, \quad (2.15)$$

де F_c – будівельна площа камери, м²;

g_F – норма навантаження, віднесена до 1 м² будівельної площі камер, кг/м² (225...250 кг/м²).

Довжину підвісних шляхів знаходять із виразу

$$L_n = \frac{G}{g_l}, \quad (2.16)$$

де L_n – довжина підвісних шляхів, м;

g_l – норма навантаження, віднесена до 1 м підвісного шляху, кг/м (280 кг/м).

Теплове навантаження на холодильне обладнання камери визначають за рівнянням

$$Q_0 = Q_1 = Q_2 = Q_4 \quad (2.17)$$

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.

Площа поверхні охолоджуючих приладів залежить від систем охолодження камер.

Площа поверхні повітроохолоджувачів для камер із повітряною системою розраховують за формулою

$$F_{no} = \frac{Q_0}{k_0 \Delta t_m}, \quad (2.18)$$

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.

Площу поверхні міжрядних радіаційних батарей для камер із повітряно-радіаційною системою охолодження розраховують за формулою

$$F_{\sigma} = l_{\sigma} f_{n.m}, \quad (2.19)$$

де F_{σ} – площа поверхні міжрядних радіаційних батарей, м²;

l_{σ} – сумарна довжина батарей, які встановлені в камері, м;

$f_{n.m}$ – теплопередавальна площа поверхні 1 м радіаційної батареї, м².

Тоді кількість тепла, яке відводиться міжрядними радіаційними батареями, складе

$$Q_{\sigma} = F_{\sigma} q_F, \quad (2.20)$$

де Q_{σ} – кількість тепла, яке відводиться міжрядними радіаційними батареями, Вт;

F_{σ} – площа поверхні радіаційної батареї в камері, м²;

q_F – знімання тепла міжрядних радіаційних батарей, Вт/м² (95... 120 Вт/м²).

Теплове навантаження на повітроохолоджувач у камерах із повітряно-радіаційною системою визначають за рівнянням

$$Q'_0 = Q_0 - Q_{\sigma}, \quad (2.21)$$

де Q'_0 – теплове навантаження на повітроохолоджувач, Вт.

Теплопередавальну площу поверхні повітроохолоджувача також знаходять за рівнянням (8.18).

Кількість повітря, яке подається в камеру, залежить від швидкості руху повітряного потоку в зоні бедреної частини напівтуші та системи розподілу повітря.

Початкову швидкість повітря, яке виходить із сопла, визначають за рівнянням (2.22).

Для плоских сопел, наприклад

$$\left(\frac{\omega_x}{\omega_0} \right) = \frac{1,2}{\sqrt{\frac{a_T x}{b_0} + 0,41}}. \quad (2.22)$$

Тоді кількість повітря, яке направляється в камеру, складе

$$V_0 = \omega_0 F_{\omega}, \quad (2.23)$$

де F_{ω} – сумарна площа всіх щілин (сопел);

$$F_{uc} = n f_{uc}, \quad (2.24)$$

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

Після визначення площі теплопередавальної поверхні повітроохолоджувача й кількості повітря, яке подається в камеру, підбирають повітроохолоджувач. У тому випадку, якщо промислові зразки не можна застосувати, необхідно скомпонувати нестандартний повітроохолоджувач. Компонування повітроохолоджувача (повітроохолоджувачів) проводять залежно від діаметра труб, які використовуються для виготовлення охолоджувальних секцій, типу їхнього орєбрення, відстані між трубами в пучку, перетину каналу повітроохолоджувача, а також від типу й марки вентиляторів. Останні залежать від кількості охолодженого повітря, яке подається в камеру, і аеродинамічного опору в циркуляційному кільці.

Аеродинамічний опір у циркуляційному кільці складається з падіння тиску на подолання місцевих опорів (секції повітроохолоджувача, повороти, сопла, вентилятор, дифузор) і втрати напору на тертя в каналах.

Потужність електродвигунів вентиляторів визначають за формулою

$$Ne = \frac{V_e \Delta P}{\eta}, \quad (2.25)$$

де Ne – потужність електродвигунів, кВт;

ΔP – аеродинамічний опір під час руху повітря в циркуляційному кільці,

Па;

η – ККД вентилятора.

Після визначення потужності електродвигунів вентиляторів порівнюється дійсний теплоприплив від їхньої роботи з теплоприпливом, орієнтовно прийнятим під час розрахунку камери, а потім уточнюють теплове навантаження та площу поверхні охолоджувальних приладів.

2.1.4. Порівняльні показники камер охолодження м'яса

Камери охолодження м'яса характеризуються абсолютними й питомими показниками (табл. 2.2). До абсолютних показників відносять площу підлоги, ємність камери, тривалість охолодження, площу поверхні охолоджувальних приладів, потужність електродвигунів вентиляторів, кратність циркуляції й усушку, а до питомих – питомі витрати металу на 1 т охолоджуваного м'яса, знімання охолодженого м'яса з 1 м² будівельної площі камери, питому витрату електроенергії на привід вентиляторів повітроохолоджувачів, оснащеність камери приладами охолодження, питомі експлуатаційні витрати.

До найважливіших показників, що характеризують конструктивну досконалість камер, відносять питомі витрати металу на 1 т охолоджуваного м'яса. найбільш ефективними є камери охолодження м'яса із сухими підвісними повітроохолоджувачами.

Знімання охолодженого м'яса з 1 м² будівельної площі камер характеризує

інтенсивність роботи охолоджувального пристрою. Очевидно, що величина знімання зростає за скорочення тривалості холодильної обробки.

Таблиця 2.2 – Порівняльні показники камер охолодження м'яса

Показники	Камери		
	із сухими підвісними повітроохолоджувачами	із системою повітряного душування	із повітряно-радіаційною системою
Площа підлоги, м ²	86,4	144	260
Ємність камери (за безперервної роботи), т	20	26	50
Тривалість охолодження, год	20	12	12
Площа поверхні охолодження, м ²	450	790	164
повітроохолоджувачів	450	790	400
міжрядних радіаційних батарей	–	–	1240
Потужність електродвигунів вентиляторів, кВт	5,5	10,2	8,7
Кратність циркуляції	100	65	85
Усушка, %	1,5	1,38	1,05
Питомі затрати металу, т на 1 т на добу виробленого м'яса	0,12	0,14	0,156
Знімання м'яса з 1 м ² площі підлоги, т на добу	0,23	0,38	0,38
Питомі витрати електроенергії на привід вентиляторів повітроохолоджувачів, кВт·год на 1 т на добу виробленого м'яса	5,5	4,7	2,1
Оснащеність приладами охолодження, м ² на 1 м ² площі підлоги	5,2	5,5	6,3
Продуктивність камери, т на рік	2200	4860	9300
Питомий теплопрплив від охолодження м'яса з урахуванням теплопрпливу через огороження та від електродвигунів вентиляторів, МДж на 1 т виробленого м'яса	148	138	130

Якщо порівняти системи за величиною питомих витрат електроенергії на привід вентиляторів повітроохолоджувачів, то найбільш енергоємною є камера із сухими підвісними повітроохолоджувачами. У цих камерах підвищена швидкість руху повітря вимагає подачі значної кількості холодного повітря й підвищеної

витрати електроенергії. У камерах із системою повітряного душування внаслідок раціонального обдуву напівтуш значно зменшується кількість холодного повітря, яке подається в камеру. Проте витрата електроенергії на привід вентиляторів підвищується через необхідність створення підвищеного статичного напору перед соплами. У камерах із повітряно-радіаційною системою питома витрата електроенергії на привід вентиляторів мінімальна.

Оснащеність камер охолоджувальними приладами залежить від теплового навантаження на холодильне обладнання й ефективності його роботи. Оснащеності камер усіх типів подібні.

Розрахунки експлуатаційних витрат на охолодження 1 т м'яса в камерах із сухими підвісними повітроохолоджувачами, із системою повітряного душування із міжрядними радіаційними батареями показують, що 80...90% усіх витрат складає вартість усушки м'яса за холодильної обробки. Тому за порівняно однакових витрат по інших статтях (амортизаційні витрати, поточний ремонт, електроенергія та холод) визначальною буде вартість усушки м'яса. Оскільки мінімальна усушка в камерах із повітряно-радіаційною системою, вони є найбільш економічними.

2.2. Обладнання для охолодження риби

Існуючі пристрої (рибоохолоджувачі), призначені для охолодження риби на судах, відрізняються великою розмаїтістю. Сукупність машин, апаратів і трубопроводів називається системою попереднього охолодження.

Залежно від способу охолодження риби (льодом, водою, льодо-водяною сумішшю, а також у вакуумі) застосовують баки й ванни, устаткування для охолодження риби водою і льодо-водяною сумішшю, суднові вакуумні рибоохолоджувачі.

Баки і ванни

Під час охолодження риби льодом використовують баки, ванни чи брезентові чани місткістю 2...5 м³. У них рибу пересипають дрібно подрібненим чи лускоподібним льодом, виготовленим у льодогенераторі з прісної чи морської води.

Іноді як ємність використовують трюми судна. Риба, шарами пересипана дрібно подрібненим льодом, охолоджується і зберігається в трюмі за температури 0...-4°C.

Кількість льоду, яка необхідна для охолодження риби, визначають за формулою

$$G_{л} = \frac{G_{р} c_{р} (t_{нач} - t_{кон}) 1,2 a'}{r_{л}}, \quad (2.26)$$

де $G_{л}$ – кількість льоду, кг;

$G_{р}$ – маса риби;

$c_{р}$ – питома теплоємність риби, Дж/(кг·К);

1,2 – коефіцієнт запасу льоду, який залишається в кінці процесу охолодження та зберігання;

a' – коефіцієнт, який ураховує додаткові теплоприпливи та виробничі витрати льоду (1,5...2);

r_l – теплота плавлення льоду, Дж/кг.

2.2.1. *Обладнання для охолодження риби водою чи льодо-водяною сумішшю*

Обладнання, призначене для охолодження риби шляхом занурення її у воду чи в льодо-водяну суміш, часто застосовують на судах.

Обладнання **систем попереднього охолодження риби** судна РБ-150 складається з трубчастого рибоохолоджувача, випарника, циркуляційного насоса для перекачування холодоносія та водяного насоса (рис. 2.16).

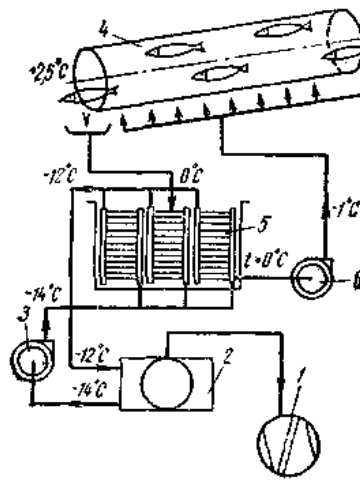


Рисунок 2.16 – Система попереднього охолодження риби з трубчастим рибоохолоджувачем: 1 – компресор; 2 – випарник; 3 – циркуляційний насос; 4 – трубчастий рибоохолоджувач; 5 – водоохолоджувач; 6 – водяний насос

За допомогою лотка дрібну рибу направляють у трубчастий рибоохолоджувач, виконаний із труби діаметром 362×2,5 мм із гідравлічним завихрювачем (рис. 2.17), через який вода подається в трубчастий рибоохолоджувач.

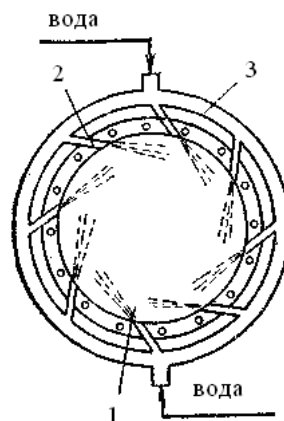


Рисунок 2.17 – Гідравлічний завихрювач: 1 – трубопровід рибної пульпи; 2 – тангенціальні отвори; 3 – кільцева камера

Вода додає рибо-водяній суміші обертальний рух. Риба, просуваючись у трубі й інтенсивно перемішуючись з холодною водою, температура якої мінус 2°С, за 5...6 хвилин охолоджується до 1...2°С. Трубчастий рибоохолоджувач із системою обслуговуючих трубопроводів розміщують під палубою.

Переваги: швидке охолодження улову.

Недоліки: необхідність переміщення великої кількості води (співвідношення води й риби 10:1) приводить до зростання витрати електроенергії на привід водяних насосів.

Система попереднього охолодження риби з рибоохолоджувачами, виконаними у виді цистерн, представлена на рисунку 2.18. До складу системи входять дві цистерни (місткість по 4,5 м³), фільтри грубого й тонкого очищення води, водоохолоджувач, циркуляційні насоси, солеконцентратор і водонагрівач.

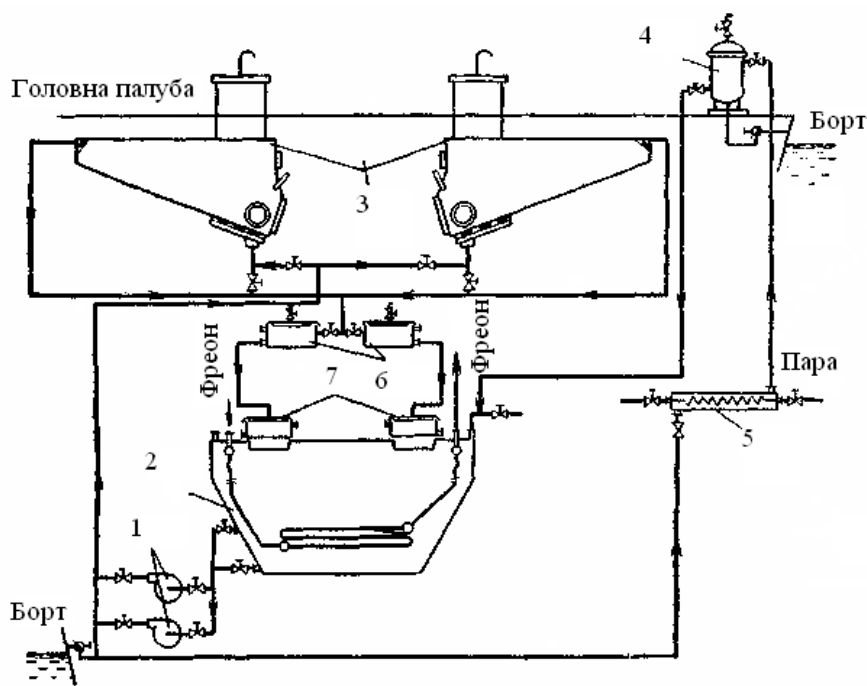


Рисунок 2.18 – Система попереднього охолодження риби з рибоохолоджувачем, виконаним у вигляді цистерн: 1 – циркуляційні насоси; 2 – водоохолоджувач; 3 – цистерни для охолодження риби; 4 – солеконцентратор; 5 – водонагрівач; 6 – фільтри грубого очищення; 7 – фільтри тонкого очищення

Велику рибу (тріска, морський окунь) направляють у цистерни, де холодна морська вода циркулює зі швидкістю 0,2...0,4 м/с. Ухил днищ цистерн 23° у напрямку до розвантажувальних люків. Після охолодження риби воду спускають у водоохолоджувач обсягом 6,2 м³ з охолоджувальними змійовиками. Там вода циркулює за допомогою двох насосів продуктивністю 22 м³/год.

Солеконцентратор і водопідігрівач заборотної води необхідні для підвищення концентрації солі в морській воді.

Тривалість охолодження риби складає 45 хв; продуктивність системи 1,5...2 т/год. Після охолодження риби її укладають у ящики й поміщають у

тріюми чи у твіндеки, температура повітря в яких 0°C.

Недоліки: складна експлуатація (фільтри швидко засмічуються і їх необхідно чистити чи замінити), підвищена витрата електроенергії, відсутність засобів механізації вивантаження охолодженої риби.

Конвеєрна система охолодження риби в холодній морській воді (рис. 2.19) складається з пластинчастого конвеєра, циркуляційного насоса, водоохолоджувача й водяних трубопроводів.

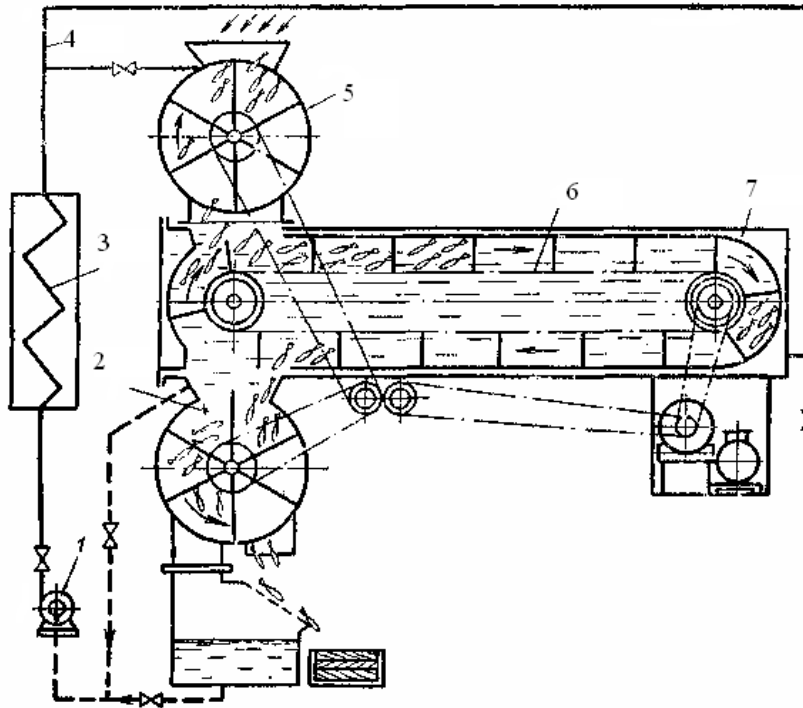


Рисунок 2.19 – Конвеєрна система охолодження риби в холодній морській воді: 1 – циркуляційний насос; 2 – розвантажувальний золотник; 3 – водоохолоджувач; 4 – водяні трубопроводи; 5 – завантажувальний золотник; 6 – пластинчатий конвеєр; 7 – закритий бункер

Риба попадає на пластинчастий конвеєр, що проходить через закритий бункер, заповнений охолодженою морською водою. Зміна швидкості руху конвеєра дозволяє охолоджувати рибу різних розмірів: від оселедця, тривалість охолодження якого складає 5...7 хвилин, до тріски, тривалість охолодження якої 30...40 хв.

Морська вода в системі циркулює по замкнутому кільцю: закритий бункер – водоохолоджувач – закритий бункер.

Після охолодження риби її направляють на заморожування чи на технологічну переробку.

Переваги: ефективність і проста в експлуатації.

Поряд із системами попереднього охолодження риби зануренням знаходять застосування і системи зі зрошенням рідкими холодоносіями чи холодною морською водою.

На невеликих промислових суднах обладнання систем попереднього

охолодження риби (рис. 2.20) складається з генератора холоду, циркуляційного насоса, зрошувальних трубопроводів, фільтра, рибонасоса і відділювача води. Система призначена для охолодження та збереження охолодженої риби.

Риба, що підлягає охолодженню, із трала разом із морською водою видаляється рибонасосом. У відділювачі води відділюється риба від морської води. Похилим лотком рибу зсипають у трюм на ґратчастий настил. У нижній частині трюму знаходиться шар льоду. Запас льоду залежить від маси охолоджуваної риби та тривалості її перевезення. Воду охолоджують льодом у генераторі. Холодну морську воду за допомогою циркуляційного насоса направляють до зрошувальних трубопроводів. Надлишок води, що створюється в результаті танення льоду, за необхідності можна скинути за борт. Охолодження риби відбувається зрошенням її очищеною холодною водою, подаваною в трюм через зрошувальні трубопроводи.

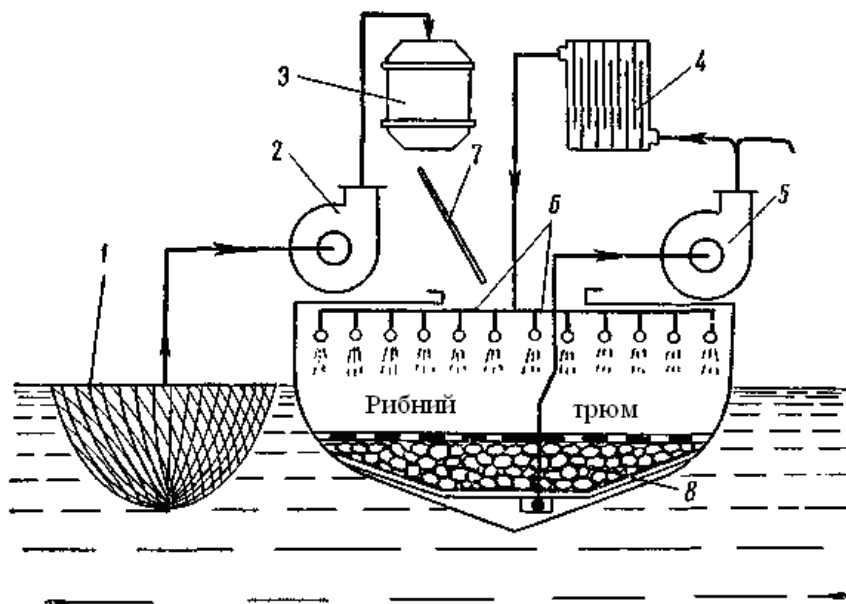


Рисунок 2.20 – Система попереднього охолодження риби зрошенням для невеликих промислових суден: 1 – сітка (трал); 2 – рибонасос; 3 – водовідділювач; 4 – фільтр; 5 – циркуляційний насос; 6 – зрошувальні трубопроводи; 7 – лоток для подання риби в трюм; 8 – генератор холоду

Переваги: простота і мала металоємність, невеликі енергетичні витрати.

Недоліки: нераціональне використання ємності трюму, необхідність запасу значної кількості водяного льоду, можливість бактеріального зараження риби, корозія металевих конструкцій трюму.

Обладнання **системи охолодження риби транспортного судна** складається з випарника, батарей для охолодження води, зрошувальних трубопроводів, фільтра, циркуляційного насоса та насоса холодоносія (рис. 2.21).

Рибу, покладену шарами товщиною до 700 мм, зрошують холодною морською водою, що циркуляційним насосом подається в зрошувальні

трубопроводи. Зрошення риби водою, температура якої мінус 2°C, продовжується до моменту її доставки до місця призначення. Вода в трюмі охолоджується батареями, у які подається холодоносій із випарника холодильної установки.

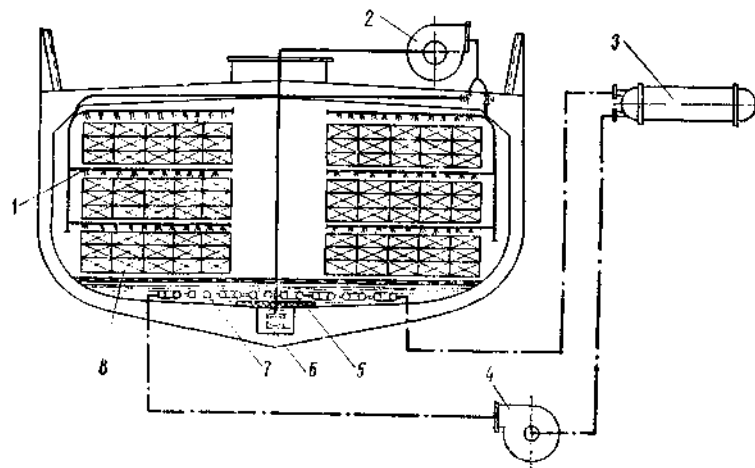


Рисунок 2.21 – Система попереднього охолодження зрошенням для транспортного судна: 1 – зрошувальні трубопроводи; 2 – циркуляційний насос; 3 – випарник; 4 – насос холодоносія; 5 – фільтр; 6 – приймальний колодязь; 7 – батареї для охолодження води; 8 – ящики з рибою

Переваги: у цій системі відсутні ємності для охолодження і збереження риби, що робить більш раціональним використання обсягу трюму, а застосування холодильної установки дозволяє стабільно підтримувати необхідну температуру води протягом усього рейсу судна.

Недоліки: тривалість процесу охолодження, підвищені витрати електроенергії й металу, а також сильна корозія металевих конструкцій трюму.

На судах поширюється застосування системи попереднього охолодження, у яких риба переміщується сітчастими чи кроковими транспортерами та зрошується холодною морською водою. Такі системи застосовують тільки для охолодження риби.

Система попереднього охолодження риби зрошенням на сітчастому транспортері (рис. 2.22а) складається із сітчастого транспортера, зрошувальних трубопроводів, випарника та циркуляційного насоса.

Через завантажувальний бункер риба, що знаходиться в пересувних лотках, попадає на верхній ярус сітчастого транспортера та рухається зверху вниз. Холодоносій, охолоджений у випарнику, насосом подається в зрошувальні трубопроводи. Утеплений холодоносій збирається в піддоні, з якого потім направляється у випарник для охолодження.

Охолоджена риба направляється на заморожування чи на промислову переробку.

Система попереднього охолодження риби зрошенням на кроковому транспортері (рис. 2.22б) складається зі зрошувальних трубопроводів, фільтра та циркуляційного насоса.

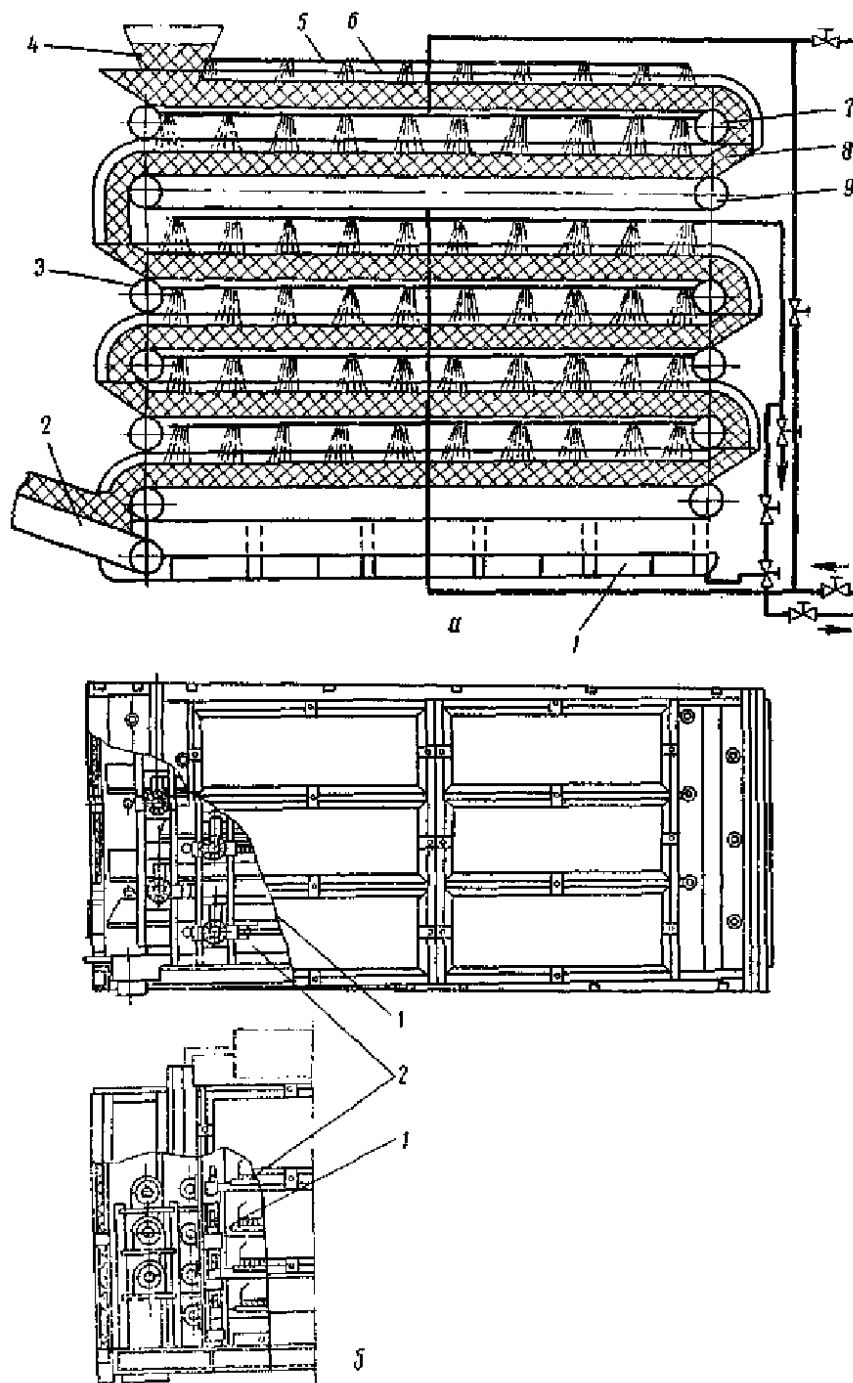


Рисунок 2.22 – Система попереднього охолодження риби на транспортері:
а – на сітчастому: 1 – піддон; 2 – транспортер вивантаження охолодженої риби; 3, 7, 9 – сітчасті транспортери; 4 – завантажувальний булкер; 5 – зрошуючі трубопроводи; 6, 8 – перепускні лотки; б – на кроковому: 1 – зрошуючі трубопроводи; 2 – кроковий транспортер

Через завантажувальний люк рибу після сортування подають на полотнину верхнього ярусу крокового транспортера. Шість ярусів крокового транспортера розташовані один над іншим. Кожен ярус зміщений щодо ярусу, розташованого нижче. Ярус крокового транспортера виконаний із нерухої і рухливої рами. Нерухома рама – це зварена конструкція, виконана з труб прямокутного перетину. Рухливі рами приводяться в рух щодо нерухомих

трьома електродвигунами з редукторами через систему кривошипно-шатунних механізмів. Переміщаючись послідовно з ярусу на ярус, риба проходить через усю систему. Риба охолоджується як за рахунок її зрошення холодною водою, так і за рахунок передачі частини тепла охолоджувальної площі поверхні самого крокового транспортера. Для цього в труби крокового транспортера подається холодна вода.

Зрошення риби холодною водою проводиться на парних ярусах (другому, четвертому та шостому); причому шостий ярус має індивідуальну систему зрошення. У трубопроводах непарних ярусів циркулює холодна вода.

Отеплена вода збирається в піддоні, з якого направляється на охолодження.

Значна ємність крокового транспортера (близько 12 т) дозволяє використовувати цю систему і як акумулятор-нагромаджувач риби.

Тривалість процесу охолодження риби в системах зі зрошенням і її переміщенням транспортерами складає близько 2 год.

Переваги: високий ступінь механізації та автоматизації технологічного процесу охолодження.

Економічність і ефективність систем попереднього охолодження риби зрошенням багато в чому залежать від роботи водоохолоджувачів. Кратність циркуляції води у них складає 20...25 обсягів за 1 годину, а швидкість її руху не перевищує 0,2...0,3 м/с, наслідком чого є малий питомий тепловий потік з 1 м² охолоджувальної площі поверхні батарей. Збільшення питомого теплового потоку зниженням температури кипіння холодильного агента чи холодоносія нижче мінус 8°С нераціональне, тому що охолоджувальні батареї починають обмерзати льодом, у результаті чого різко знижується ефективність теплообміну. Підвищення інтенсивності теплообміну внаслідок збільшення швидкості руху води в баці приводить до різкого зростання витрати електроенергії на привід циркуляційних насосів і вартості охолодження риби.

Економічність охолодження риби поліпшується за умови використання **систем попереднього охолодження риби з лопатевими механічними турбулізаторами** (рис. 2.23).

Лопатевий механічний турбулізатор призначений для створення підвищеної швидкості руху води в системі. Електродвигун надає руху валу із турбулізатором.

У кільцевій сорочці циліндричного водоохолоджувача кипить аміак, охолоджуючи воду.

Під впливом обертального вихрового руху води її рівень у стінок водоохолоджувача підвищується, а біля осей турбулізатора утворюється воронка.

Нагнітальним трубопроводом вода переливається з водоохолоджувача в бункер.

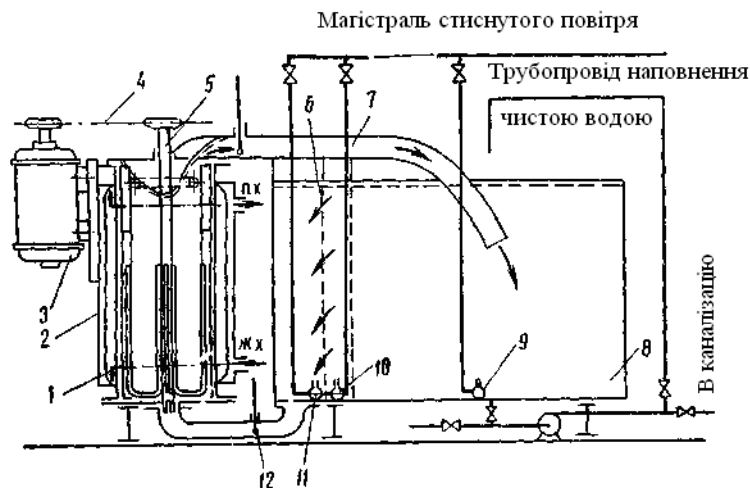


Рисунок 2.23 – Система попереднього охолодження риби з лопатним механічним турбулізатором: 1 – лопаті турбулізатора; 2 – оболонка циліндричного водоохолоджувача; 3 – електродвигун; 4 – ланцюгова передача; 5 – вал турбулізатора; 6 – сітчастий фільтр; 7 – нагнітальний трубопровід; 8 – бункер; 9, 10, 11 – повітряні барботери; 12 – датчик лагоміра

2.2.2. Судновий вакуумний рибоохолоджувач складається з герметичної камери, вакуум-насоса, батарей для конденсації водяної пари (рис. 2.24).

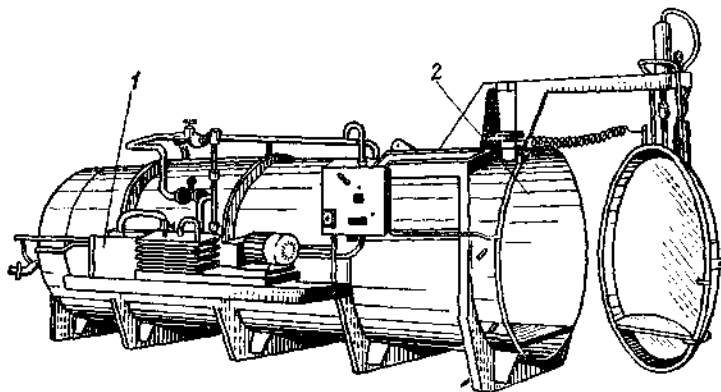


Рисунок 2.24 – Вакуумний рибоохолоджувач: 1 – вакуум-насос; 2 – вакуумна камера

Листи з рибою встановлюють на етажерки, що направляють у герметичні камери, і включають вакуум-насоси. За зниження тиску в камері до 540...600 Па випаровується волога з площі поверхні риби, і знижується її температура.

У процесі охолодження риби пара збирається у верхній частині камери, де вона конденсується на змійовиках батарей, температура яких підтримується біля 0°C.

Кількість води, яка випарувалась, визначають за рівнянням

$$g = \frac{G_p c_p (t_{нач} - t_{кон})}{r} \quad (2.27)$$

2.2.3. Основи розрахунку обладнання для охолодження риби водою чи льодо-водяною сумішшю

Під час розрахунку цього обладнання потрібно визначити обсяг разового завантаження цистерни рибою, коефіцієнт тепловіддачі від риби до середовища, тривалість охолодження, кількість тепла, що відводиться від риби під час її охолодження, теплове навантаження на водоохолоджувач, кількість циркулюючої води, площу поверхні охолоджувальних батарей водоохолоджувача, гідравлічний опір у циркуляційному кільці.

Обсяг разового завантаження цистерни рибою визначається за формулою

$$V_p = \frac{G_p}{\rho}, \quad (2.28)$$

де V_p – об'єм разового завантаження цистерни рибою, м³.

Місткість цистерни розраховують за рівнянням

$$V_u = \frac{V_p}{\varphi}, \quad (2.29)$$

де V_u – об'єм цистерни м³;

φ – відношення об'єму, який займає риба, до місткості цистерни.

Залежно від місткості цистерни та прийнятої форми знаходять розміри цистерни (або декількох цистерн).

Щоб визначити коефіцієнт тепловіддачі від риби до середовища, яке відводить тепло (води), використовують рівняння подібності

$$Nu = A Re^n Pr^m, \quad (2.30)$$

де A , n та m – постійні, які входять в критеріальне рівняння;

Re – критерій Рейнольдса

$$Re = \frac{\omega d_s}{\mu E}, \quad (2.31)$$

де ω – швидкість руху води в рибоохолоджувачі, м/с;

d_s – еквівалентний діаметр риби, м

$$d_s = \frac{4(1 - \varphi)}{s_p}, \quad (2.32)$$

де s_p – площа риби, яка знаходиться в баку, м²;

μ – динамічна в'язкість води, Па · с;

E – вільний об'єм бака, віднесений до всього об'єму бака рибоохолоджувача

$$E = 1 - \varphi. \quad (2.33)$$

де Pr – критерій Прандля

$$Pr = \frac{\mu}{\rho a}, \quad (2.34)$$

де a – температуропровідність, m^2/c .

Коефіцієнт тепловіддачі від риби до води знаходять із залежності

$$\alpha = \frac{Nu \lambda}{R_v}, \quad (2.35)$$

де R_v – еквівалентний розмір риби, м

$$R_v = \frac{g_p}{\rho f}, \quad (2.36)$$

де g_p – маса однієї риби, кг;

f – площа зовнішньої поверхні однієї риби, m^2 ;

Тривалість охолодження риби визначають за формулою

$$\tau_0 = \tau_n + \tau_p, \quad (2.37)$$

де τ_0 – тривалість охолодження риби, с;

τ_n – тривалість першого періоду охолодження риби (до моменту зміни температури в центрі риби), с;

τ_p – тривалість другого (регулярного) періоду (від початкової температури в центрі риби до кінцевої, заданої технологічними умовами), с.

Значення τ_p знаходиться з критерію Фур'є

$$Fo = \frac{a \tau_n}{R_v^2} = 0,04, \quad (2.38)$$

де 0,04 – значення критерію Фур'є на першому етапі охолодження риби.

Значення τ_n визначають за формулою

$$\tau = \frac{l}{m} \ln \frac{t_{нач} - t_c}{t_{кон} - t_c}. \quad (2.39)$$

Темп охолодження m розраховують за залежністю

$$m = \frac{a}{R_v^2} Kn, \quad (2.40)$$

де Kn – критерій Кондратьєва.
В області регулярного режиму

$$Kn = \frac{Bi_v}{\sqrt{Bi_v + 1,437 Bi_v + 1}}, \quad (2.41)$$

де Bi_v – приведений критерій Біо;

$$Bi_v = \frac{\alpha R v}{\lambda_p}, \quad (2.42)$$

λ_p – теплопровідність риби, Вт/(м·К).

Сумарна кількість тепла, яке відводиться від риби під час охолодження

$$Q_p = Q_{p1} + Q_{p2}, \quad (2.43)$$

де Q_p – сумарна кількість тепла, Дж;

Q_{p1} – кількість тепла, яке відводиться від риби на протязі першого періоду охолодження, Дж;

$$Q_{p1} = G_p c_p (t_{нач} - \bar{t}_1), \quad (2.44)$$

де \bar{t}_1 – середня температура риби до моменту початку регулярного режиму, °С;

$$\bar{t}_1 = \bar{\Theta} (t_{нач} - t_c) + t_{нач}, \quad (2.45)$$

де $\bar{\Theta}$ – відносна середньооб'ємна температура риби для першого періоду охолодження, °С;

$$\bar{\Theta} = \frac{t_{нач} - \bar{t}_1}{t_{нач} - t_c} = 1 - B_1 e^{-\mu F_0}, \quad (2.46)$$

де B_1 і μ – корені характеристичного рівняння;

Q_{p2} – кількість тепла, яке відводиться від риби на протязі другого періоду охолодження, Дж

$$Q_{p2} = G_p c_p (\bar{t}_1 - \bar{t}_2), \quad (2.47)$$

де \bar{t}_2 – середня температура риби в другому періоді охолодження;

$$\bar{t}_2 = t_c - (t_c \bar{t}_1) e^{m\tau_p}. \quad (2.48)$$

Теплове навантаження на водоохолоджувач визначають за формулою

$$Q'_{BO} = \frac{Q_p}{\tau_o}, \quad (2.49)$$

де Q'_{BO} – теплове навантаження на водоохолоджувач, Вт.

З урахуванням додаткових теплоприпливів (транспортні теплоприпливи до трубопроводів холодної води, теплоприпливи від зовнішнього повітря до поверхні цистерн та від роботи насосів) теплове навантаження на водоохолоджувач складе

$$Q_{BO} = Q'_{BO} a_{DT}, \quad (2.50)$$

де Q_{BO} – теплове навантаження на водоохолоджувач з урахуванням додаткових теплоприпливів, Вт;

a_{DT} – коефіцієнт, який ураховує додаткові теплоприпливи.

Кількість води, яка циркулює, розраховують за рівнянням

$$V_B = F_{po} \omega, \quad (2.51)$$

де V_B – кількість води, яка циркулює, м³/с;

F_{po} – площа перерізу для циркуляції води, яка охолоджує, в рибоохолоджувачі, м².

Площу поверхні охолоджуючої батареї водоохолоджувача визначають за формулою

$$F_{BO} = \frac{Q_{BO}}{k_{BO} \Delta t}, \quad (2.52)$$

де k_{BO} – коефіцієнт теплопередачі охолоджуючої батареї рибоохолоджувача, Вт/(м²·К);

Δt – різниця між середньою температурою охолоджуючої води та середньою температурою холодоносія, °С.

Задаючи діаметр труб охолоджувальної батареї, знаходять їхню довжину, а потім роблять компоновку батареї водоохолоджувача.

Гідравлічний опір у циркуляційному кільці системи попереднього

охолодження риби складається з падіння тиску на подолання місцевих опорів (рибоохолоджувач, водоохолоджувач, повороти, запірні арматури) і на тертя в трубах.

2.3. Обладнання для охолодження плодів і овочів

На сьогодні час плоди й овочі охолоджують у камерах з інтенсивним рухом повітря; в ізотермічних вагонах, автомобілях і вагонах-холодильниках; у вакуумних камерах; в установках для охолодження плодів і овочів водою та льодом.

2.3.1. Обладнання камер із інтенсивним рухом повітря

Обладнання камер охолодження фруктів із інтенсивним рухом повітря складається зі стельових повітроохолоджувачів і одноканальної системи розподілу повітря (рис. 2.25), що забезпечує швидкість руху повітря у вантажному обсязі камери 0,8...1 м/с.

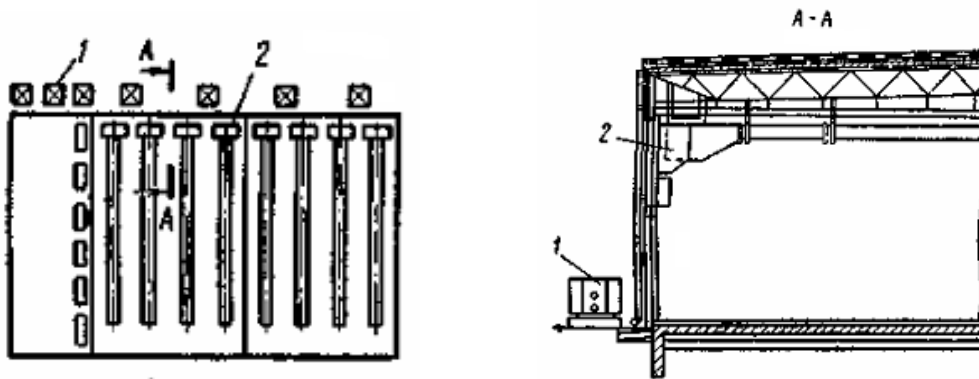


Рисунок 2.25 – Камера охолодження фруктів із інтенсивним рухом повітря: 1 – компресорно-конденсаторний агрегат; 2 – стелевий повітроохолоджувач із повітроводом

Повітроохолоджувачі обладнані автоматичними пристроями для видалення інею з площі поверхні охолоджувальних батарей.

Якщо застосовується децентралізована система охолодження, то камера обладнується індивідуальними, звичайно фресковими, компресорно-конденсаторними агрегатами.

Знаходять застосування і камери з повітряно-льодяним охолодженням. У таких камерах відсутні повітроохолоджувачі та холодильні машини, а як джерело охолодження використовують генератор холоду.

Обладнання камери складається з генератора холоду й вентиляторів, що забезпечують рух повітря в камері (рис. 2.26).

Охоложене в генераторі холоду повітря вентиляторами направляється в камеру, де охолоджує ящики з фруктами, покладеними в штабель.

Переваги: простота, малі енергетичні витрати, невелика усушка унаслідок високої відносної вологості повітря в камері.

Недоліки: значна площа генератора холоду, складність механізації завантаження льоду та висока вартість експлуатації.

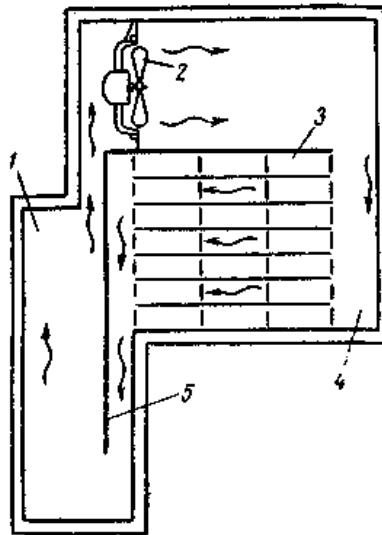


Рисунок 2.26 – Камера з повітряно-льодовим охолодженням фруктів: 1 – генератор холоду; 2 – вентилятор; 3 – штабель; 4 – камера; 5 – перегородка

2.3.2. Обладнання для охолодження фруктів в ізотермічних вагонах, автомобілях із ізотермічними кузовами

В ізотермічних вагонах плоди й овочі охолоджують у потоці холодного повітря, яке подається від стаціонарних холодильних агрегатів, що знаходяться поза вагоном, чи від вентиляторних установок усередині вагонів-холодильників.

Стаціонарний холодильний агрегат для охолодження плодів і овочів у вагонах складається з вентиляторів, повітроохолоджувача, системи каналів із шиберами і сполучними рукавами (рис. 2.27).

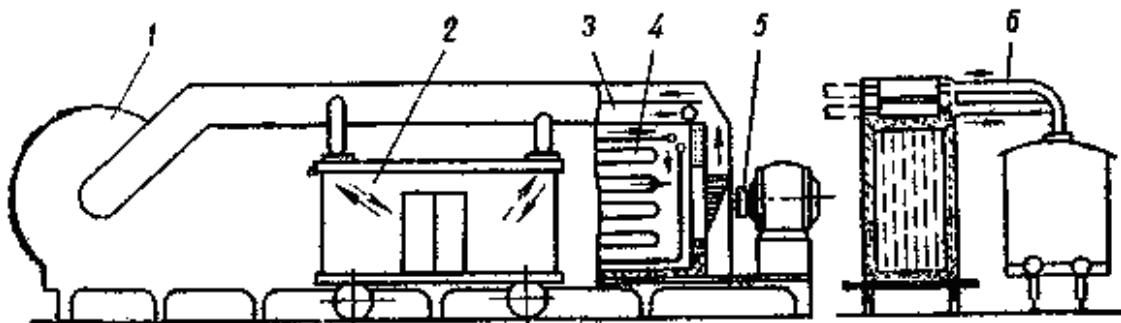


Рисунок 2.27 – Стаціонарний холодильний агрегат для охолодження фруктів у вагонах: 1 – вентилятор із усмоктувального боку; 2 – вагон; 3 – повітряний канал; 4 – повітроохолоджувач; 5 – вентилятор із електродвигуном; 6 – з'єднувальний рукав

Охолоджуване в повітроохолоджувачі повітря направляється у вагон гнучкими сполучними рукавами, де воно нагрівається за рахунок охолодження вантажу. Отеплене повітря вентилятором видаляється з вагона для повторного охолодження. Щоб фрукти охолоджувалися рівномірно, через кожні 15...20 хвилин за допомогою шиберів (автоматично чи вручну) змінюють напрямок

повітряного потоку у вагоні.

Аналогічний холодильний агрегат можна використовувати і для охолодження фруктів і овочів в автомобілях із ізотермічними кузовами. У цьому випадку холодне повітря у вантажний обсяг подається гнучким рукавом через задні двері кузова в його верхню зону. Отоплене повітря для охолодження забирається з нижньої частини кузова.

Якщо вагони-холодильники обладнані льодо-соляними кишнями, що виконують роль охолоджувальних приладів, то для інтенсифікації охолодження плодів рекомендується організувати рух повітря за допомогою переносних вентиляторних установок.

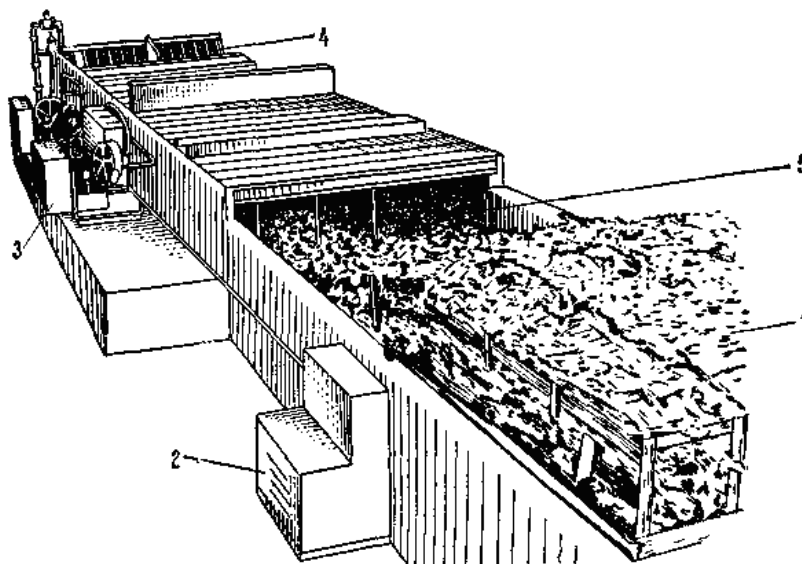
2.3.3. Обладнання для охолодження овочів у вакуумі

Відсортовані на місці збору овочі укладають у картонні коробки, що на піддонах завантажують у вакуумні камери за допомогою електронавантажувачів. Герметичні двері камери щільно закриваються. Після цього включають вакуум-насоси. За зниження тиску в камері випарюється волога з поверхні овочів і вони охолоджуються до температури, близької до 0°C. На цьому цикл охолодження закінчується, і вакуум-насоси вимикаються. У процесі охолодження водяна пара збирається у верхній частині вакуумної камери, де конденсується на поверхні охолоджувальної батареї і стікає в піддон для збору конденсату. Цикл охолодження продовжується 16...24 хв.

За допомогою стрічкового транспортера охолоджені овочі в коробках подаються до авторефрижераторів або до рефрижераторних вагонів для доставки їх на холодильні підприємства чи на овочеві бази.

2.3.4. Установки для охолодження плодів і овочів у воді

Охолодження плодів і овочів у воді за температурі біля 1°C (крижаний воді) здійснюють на конвеєрних установках (рис. 2.28).



**Рисунок 2.28 – Конвеєрна установка для охолодження плодів та овочів:
1 – завантажувальний бункер; 2 – пульт управління; 3 – холодильний агрегат;
4 – зрошувальні трубопроводи; 5 – сітчастий конвеєр**

Плоди чи овочі в ящиках, кошиках чи розсипом поміщають на конвеєр установки. Охолодження плодів і овочів в установці може здійснюватися зануренням у ємність, заповнену охолоджувальною водою, зрошенням чи через систему зрошувальних трубопроводів.

До складу установки входять сітчастий конвеєр, зрошувальні трубопроводи, холодильний агрегат із водяним циркуляційним насосом і водоохолоджувачем. Із завантажувального бункера чисті овочі сітчастим конвеєром направляються на зрошення чи охолодження. Циркуляція води здійснюється за допомогою водяного насоса, а її охолодження – індивідуальною автоматизованою холодильною установкою.

2.3.5. Установка для охолодження овочів льодом

До складу установки (рис. 2.29) входять сніговальний агрегат із гнучким шлангом, бункер сніжного льоду і транспортні засоби (роликові чи доріжки-транспортери).

Овочі, призначені для охолодження, миють, зважують і укладають у ящики, що встановлюють на роликову доріжку для засипання льодом і наступного транспортування. Лід по гнучкому шлангу спеціальним вентилятором, що входить до складу сніговального агрегата, направляється в бункер ємністю 1...1,5 т.

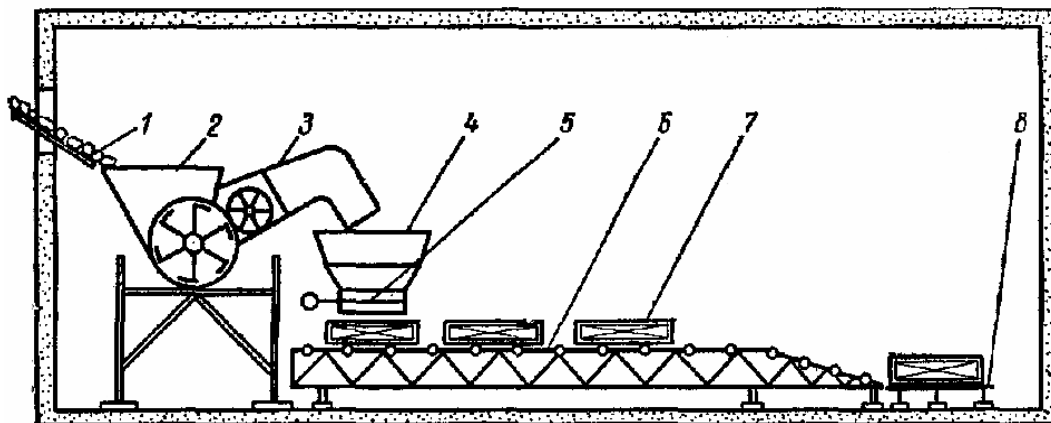


Рисунок 2.29 – Установка для охолодження овочів льодом: 1 – спуск; 2 – сніговальний агрегат; 3 – гнучкий шланг; 4 – бункер льоду; 5 – шибер; 6 – роликова доріжка; 7 – ящик; 8 – транспортер

Із бункера порції льоду, дозування яких проводиться шибером, зсипаються в ящики з овочами (маса льоду складає 40% від маси овочів), які роликовою доріжкою направляються до транспортера і переміщуються для навантаження в залізничний чи в автомобільний холодильний транспорт.

Переваги: простота і можливість потокового виробництва овочів, охолоджених льодом.

Недоліки: дроблення штучного льоду вимагає додаткових витрат електроенергії. Тому до складу обладнання для охолодження овочів льодом замість сніговального агрегату іноді вводять інтенсивний генератор лускоподібного льоду.

2.3.6. Основи розрахунку камер із інтенсивним рухом повітря

Під час розрахунку обладнання камер охолодження фруктів потрібно визначити теплове навантаження на обладнання, величину вологоприплива й теплопередавальну площу поверхні повітроохолоджувачів.

Теплове навантаження на обладнання визначають для режиму охолодження фруктів перед закладанням їх на тривале зберігання чи перед відправленням у район споживання, а також для режиму зберігання, що починається після закінчення охолодження фруктів.

Теплове навантаження на обладнання визначають для режиму охолодження фруктів перед закладанням їх на довгострокове зберігання або перед відправленням в район споживання, а також для режиму зберігання, який починається після закінчення охолодження фруктів.

Теплове навантаження на обладнання визначають за формулою

$$Q = Q_1 + Q_2' + Q_T + Q_2'' + Q_3 + Q_4, \quad (2.53)$$

де Q_2' – теплоприплив від фруктів під час їх охолодження, Вт;

Q_T – теплоприплив від тари під час її охолодження, Вт;

Q_2'' – теплоприплив від фруктів під час їх дихання, Вт;

Q_3 – теплоприплив від зовнішнього повітря під час вентиляції, Вт;

Теплове навантаження на холодильне обладнання камери в загальному вигляді складе

$$Q_0 = Q_0' + Q_{звл} + Q_{наг}, \quad (2.54)$$

де $Q_{звл}$ – теплоприплив пов'язаний зі штучним зволоженням повітря, Вт;

$Q_{наг}$ – теплоприплив, який підводиться повітрянагрівачем, Вт.

При регулюванні тільки температури повітря в камері

$$Q_0 = Q_0'.$$

Вологоприплив у холодильну камеру холодильника, визначають за формулою

$$W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4' + W_4'', \quad (2.55)$$

де W – вологоприплив у холодильну камеру, кг/с;

$W_1, W_2, W_3, W_4', W_4''$ – вологоприплив викликаний дифузією водяних парів через огороження, від фруктів, вентиляції камери, людей, які знаходяться в камері, під час відкривання дверей, кг/с.

Вологоприплив, який відводиться охолоджуючими приладами камери, можна знайти за формулою

$$W_0 = W + W_{звл}, \quad (2.56)$$

де W_0 , $W_{звл}$ – вологоприплив, який відводиться охолоджуючими приладами камери, від зволожуючої установки.

Охолоджувальну площу поверхні повітроохолоджувачів визначають за методикою розрахунку, аналогічною методиці розрахунку площі поверхні повітроохолоджувачів, що знаходяться в камерах охолодження м'яса. Різниця температур між повітрям у камері та середовищем, яке відводить теплоту (холодильний агент чи холодоносій) приймається рівною 6...7°C в режимі охолодження й 3...5°C в режимі зберігання.

За знайденою теплопередавальною площею поверхні проводиться підбір повітроохолоджувачів із наступним розрахунком систем розподілу повітря.

У камерах охолодження фруктів із інтенсивним рухом повітря величина кратності циркуляції повітря повинна бути не менше 60 обсягів за 1 год.

2.4. Апарати для охолодження птиці

Птицю після забою й оброблення охолоджують у повітрі, воді й льодоводяній суміші. Для реалізації того чи іншого способу охолодження битої птиці в промисловості найбільш поширені апарати тунельного типу, апарати для охолодження птиці водою (зрошенням або зануренням) чи в льодоводяній суміші.

2.4.1. Апарати тунельного типу

Ці апарати (рис. 2.30) монтують з окремих секцій, кількість яких визначається продуктивністю лінії забою птиці. У кожній секції розміщують індивідуальний повітроохолоджувач. Рух холодного повітря в тунелі – поперечний. Охолоджувані тушки птиці переміщуються на багатоярусних візках. В апараті тунельного типу за температури повітря мінус 8°C та кратності циркуляції 150 обсягів на 1 год птицю охолоджують до 2...3°C на протязі 4...5 год (курчата і кури) і 6...8 год (гуси та індички).

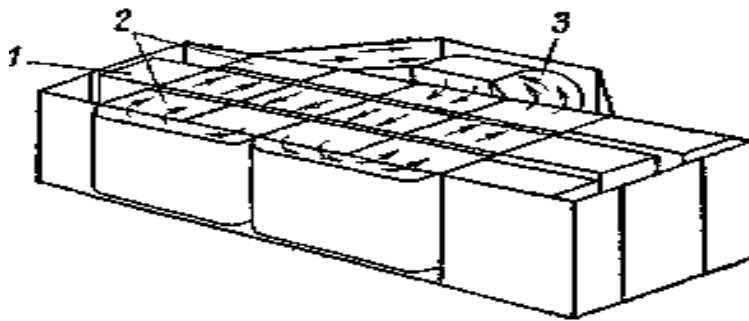


Рисунок 2.30 – Апарат тунельного типу для охолодження птиці: 1 – тунель; 2 – секції; 3 – вентилятор

2.4.2. Апарат для охолодження тушок птиці зрошенням

Цей апарат може бути з рециркуляцією води і без неї. Апарат (рис. 2.31) складається з камери, конвеєра з підвісками для переміщення тушок птиці, колекторів із відцентровими форсунками і трубопроводів. Відцентрові форсунки використовують для розбризкування води. Форсунки розташовані на колекторах у шаховому порядку й нахилені до осі конвеєра. За такого розташування форсунок у камері створюється суцільна водяна завіса по ходу руху конвеєра з тушками.

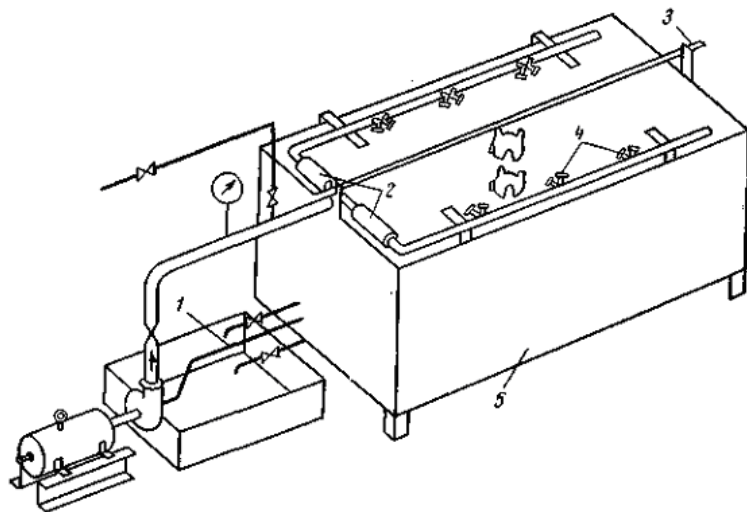


Рисунок 2.31 – Апарат для охолодження птиці зрошенням: 1 – трубопроводи; 2 – колектори; 3 – конвеєр із підвісками; 4 – відцентрові форсунки; 5 – камера

У цих апаратах забезпечується гарне обмивання поверхні тушок і швидке їхнє охолодження. Тиск води перед відцентровими форсунками треба підтримувати 150...200 кПа. Відстань між колекторами повинна складати 450 мм. Швидкість руху конвеєра регулюється за допомогою редуктора та варіатора швидкості.

За час проходження тушок птиці в апараті вони повинні охолонути до 4...5°C.

Переваги: простота експлуатації, інтенсивність процесу охолодження, зниження поверхневого обміненія мікроорганізмами (за однократного використання води).

2.4.3. Апарат для охолодження тушок птиці зануренням

Цей апарат (рис. 2.32) складається з гідрожолоба, ванни з охолоджувальними батареями, похилого транспортера, трубопроводів і циркуляційного насоса.

Із конвеєра охолоджувані напівтушки надходять у гідрожолоб, заповнений холодною водою. Рухаючись гідрожолобом, тушки птиці попередньо охолоджуються, а потім надходять у ванну для остаточного охолодження. Із ванни тушки видаляються похилим транспортером. Вода охолоджується батареєю, що знаходиться у ванні. Щоб підтримати постійну низьку температуру води, в апарат додають лід.

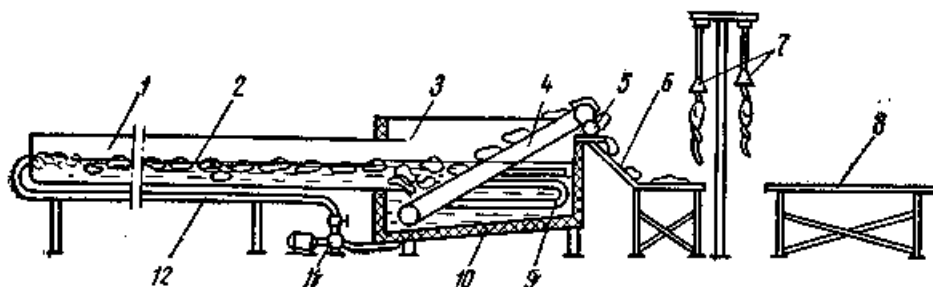


Рисунок 2.32 – Апарат для охолодження тушок птиці зануренням: 1 – гідрожолоб; 2 – тушки птиці; 3 – ванна; 4 – похилий транспортер; 5 – редуктор; 6 – напрямна спуску тушок; 7 – конвеєр; 8 – стіл для упакування тушок; 9 – охолоджуюча батарея; 10 – ізоляція ванни; 11 – циркуляційний насос; 12 – трубопровід подачі льодяної води в гідрожолоб

Переваги: апарат простий у експлуатації.

Недоліки: температура води в гідрожолобі зростає до 4...5°C, у результаті чого подовжується процес охолодження.

2.4.4. Автоматизований апарат для охолодження тушок птиці методом занурення в льодо-водяну суміш використовують на різних технологічних лініях. Апарат (рис. 2.33) складається з ванни, транспортера з напрямними ґратами, піднімального елеватора, електродвигуна й редуктора. Льодогенератор як самостійний агрегат додається до апарата.

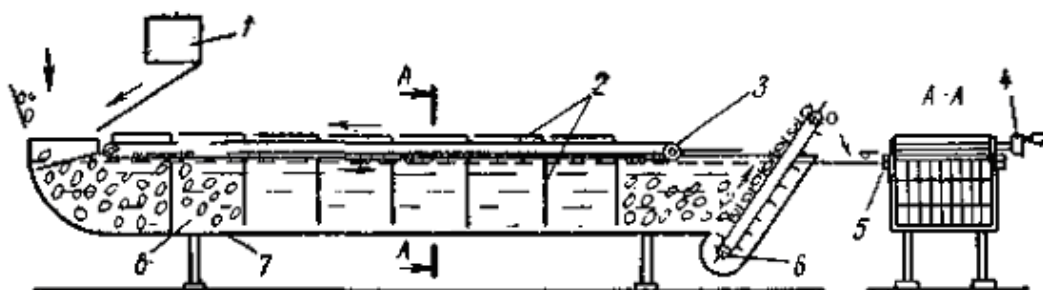


Рисунок 2.33 – Автоматизований апарат для охолодження птиці зануренням: 1 – льодогенератор; 2 – напрямні решітки; 3 – транспортер; 4 – електродвигун та редуктор; 5 – водозливні отвори; 6 – підйомний елеватор; 7 – ванна; 8 – кліть

Тушки птиці після автоматичного зняття з конвеєра попадають у ванну, рівномірно заповнюючи кожну кліть, що утворюється між двома сусідніми напрямними решітками транспортера. Разом із тушками птиці в кліть подають порцію лускоподібного льоду, що рівномірно розподіляється.

Конструкція апарата виключає накопичення великих мас льоду в кліті апарата. Кожна напрямна решітка переміщає визначену кількість тушок птиці й льоду й потім рівномірно подає тушки до елеватора. Якщо тушка не потрапила на елеватор, то вона підхоплюється під час підняття решіток і після досягнення їх вертикального положення знову попадає у ванну, звідки зіштовхується на елеватор наступними напрямними решітками. Із верхнього вертикального

положення решітки переходять у горизонтальне, тому що вони застопорені з однієї сторони і шарнірно з'єднані з ланцюгами. У цьому положенні решітки досягають початку ванни й поступово відкриваються, переміщаючи завантажені тушки й лід.

Перевагою такого апарата є те, що напрямні решітки переміщують кожен тушку птиці, що знаходиться перед ними, незалежно від того, плаває вона чи ні.

2.4.5. Основи розрахунку апарата для охолодження тушок птиці зрошенням

Під час розрахунку апарата визначають тривалість охолодження тушок птиці, ємність апарата, теплове навантаження на нього, витрату води, число форсунок і швидкість руху конвеєра.

Тривалість охолодження визначають за формулою

$$\tau = 0,589 R_{cp}^2 \left(\ln \frac{t_{noc} - t_c}{\bar{t} - t_c} - 0,0912 \right), \quad (2.57)$$

де R_{cp} – середня товщина приймається як $\frac{5}{6} \delta_{г.м}$, м;

$\delta_{г.м}$ – товщина грудного м'яза тушки, м;

\bar{t} – середня температура тушок птиці в кінці охолодження приймається рівною 6°C.

$$\bar{t} = t_c + \frac{8}{\pi^2} (t_{noc} - t_c) \exp\left(-\frac{\pi^2}{4} F_0\right). \quad (2.58)$$

Ємність апарата (конвеєра) розраховують за рівнянням

$$G_a = G' \tau, \quad (2.59)$$

де G_a – ємність апарата, кг.

Довжину конвеєра знаходять за формулою

$$L = \frac{G}{g_k}, \quad (2.60)$$

де L – довжина конвеєра апарата, м;

g_k – норма навантаження, віднесена до 1м конвеєра, кг/м.

Теплове навантаження визначають за рівнянням

$$Q_0 = G' (i'_1 - i_2) a_{д.т}, \quad (2.61)$$

де i'_1, i_2 – ентальпія птиці під час її надходження та випуску, Дж/кг;

$a_{д.т}$ – коефіцієнт, який ураховує додаткові теплоприпливи.

Витрату води знаходять за формулою

$$G_6 = \frac{Q_0}{c_6 \Delta t_{ВД}}, \quad (2.62)$$

де G_6 – витрата води, кг/с;
 c_6 – питома теплоємність води, Дж/(кг·К);
 $\Delta t_{ВД}$ – нагрівання води, °С (1...2°С).
 Число форсунок визначають за рівнянням

$$N = \frac{G_B}{g_B}, \quad (2.63)$$

де N – число форсунок;
 g_B – продуктивність однієї форсунки, кг/с.

2.5. Автоматизовані пластинчасті установки для охолодження молока і молочних продуктів

Автоматизована пластинчаста установка (рис. 2.34) складається з пластинчастого теплообмінника, шафи з контрольно-вимірювальними приладами, трубопроводу подачі холодоносія, виконавчого механізму, термометрів і манометра.

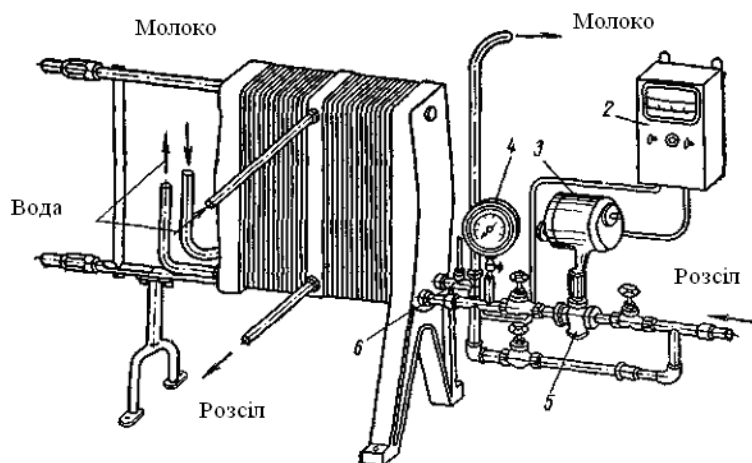


Рисунок 2.34 – Автоматизована пластинчаста установка: 1 – пластинчастий теплообмінник; 2 – шафа з контрольно-вимірювальними приладами; 3 – виконавчий механізм; 4 – манометр; 5 – трубопровід подачі холодоносія; 6 – термометр опору

Пластинчастий теплообмінник (охолоджувач) збирається з пластин, виготовлених із нержавіючої сталі, що дозволяє промивати такі апарати в системі циркуляційної безрозбірної миття.

У пластинчастого теплообмінника є станина та дві штанги з натискними пристроями. На штанзі кріпляться пластини з нержавіючої сталі з гумовими прокладками. Пластини розділені проміжною плитою чи спеціальною

перегородкою на два відсіки: у першому – молоко охолоджується водою (від 35 до 20...22°C), у другому – холодоносієм чи крижаною водою до $4\pm 2^\circ\text{C}$. Для створення герметичності між пластинами вони стискаються за допомогою натискної плити та притискних муфт. Пластини зібрані в пакети, з яких складаються секції.

В установку холодоносіє подається через трубопровід, на якому розташовані вентилі й манометри. Виконавчий механізм регулює температуру охолоджуваного молока, змінюючи кількість холодоносія, що направляється в установку.

Після промивання й перевірки пластинчастого теплообмінника в нього насосом подають молоко. Після заповнення установки включають вентиль подачі холодоносія, а потім вентиль подачі охолодженої води.

Молоко, проходячи каналами секцій і стикаючись із холодними стінками пластин, охолоджується. Контроль температури охолодженого молока здійснюється термометром опору, сигнал від якого передається на електронний міст. На шкалі приладу стрілка показує температуру молока. За збільшення температури молока вище 6°C електронний міст за допомогою реостатного датчика балансового реле включає привід виконавчого механізму, що приходить у дію, відкриваючи регульовальний клапан, і подача холодоносія збільшується.

Автоматичні пластинчасті охолоджувальні установки призначені для швидкого охолодження молока в тонкому шарі за автоматичного чи ручного керування процесом.

2.5.1. Пластинчасті охолоджувачі для молока ООЛ-3 та ООЛ-5 призначені для охолодження молока в ізольованому тонкошаровому безперервному потоці. Застосовуються на підприємствах молочної промисловості, а також на фермах (рис. 2.35). Технічні характеристики наведено в табл. 2.3.

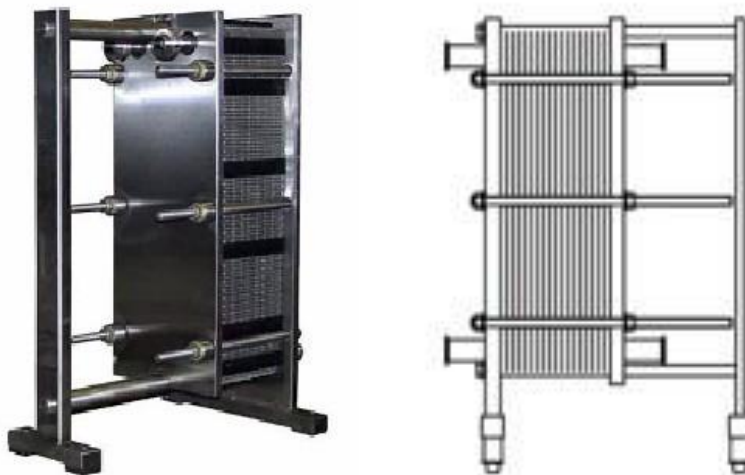


Рисунок 2.35 – Загальний вигляд пластинчастих охолоджувачів для молока ООЛ-3 та ООЛ-5

2.5.2. Пластинчастий охолоджувач для молока 001-В10 (ООЛ-10)

Складається з 2-х секцій пластин – одна для роботи на розсолі/крижаній воді, а інша на холодній воді. Призначені для охолодження молока в ізольованому тонкошаровому безперервному потоці. Застосовуються на підприємствах молочної промисловості, а також на фермах (рис. 2.36). Технічні характеристики наведено в табл. 2.3.



Рисунок 2.36 – Загальний вигляд пластинчастого охолоджувача молока 001-В10 (ООЛ-10)

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики пластинчастих охолоджувачів для молока ООЛ-3, ООЛ-5 та 001-В10

Параметр	ООЛ-3	ООЛ-5	001-В10
Продукт	Молоко	Молоко	Молоко
Температура продукту на вході, градусів	30...35	30...35	30...35
Температура продукту на виході з установки, градусів	2...6	2...6	2...6
Температура холодоносія	0...1	0...1	0...1
Кратність витрати холодоносія	2...2,5	2...2,5	2...2,5
Продуктивність за продуктом, літрів на годину	3 000	5 000	10 000
Холодоносій	крижана вода	крижана вода	холодна вода, крижана вода
Габаритні розміри обладнання, мм	900×400×900	970×400×900	1600×700×1400
Маса обладнання, кг	190	230	520

2.5.3. Пластинчастий охолоджувач для молока ООЛ-25

Призначений для охолодження молока, вершків, кефіру, молочних сумішей, вина, пива, соків, води й інших подібних за фізичними властивостями продуктів у закритому потоці. Застосовуються на підприємствах харчової промисловості (рис. 2.37). Технічні характеристики наведено в табл. 2.4.



Рисунок 2.37– Загальний вигляд пластинчастого охолоджувача молока ООЛ-25

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики пластинчастого охолоджувача молока ООЛ-25

Параметр	Значення
Продуктивність, л/год	25000
Кількість секцій охолодження	1
Температура, °С	
молока на вході в апарат	20
охолодженого молока	2...6
крижаної води	0...1
Холодоносій	крижана вода
Споживання холоду, кВт· год	446
Пластини теплообмінні:	П-2, АГ-2
тип	сігчасто-потоківі
поверхня теплообміну 1 пластини, м ²	0,2
Число теплообмінних пластин, шт.	128
Робочий тиск в апараті, МПа	0,3
Займана площа, м ²	1,33
Габаритні розміри апарата, мм	1900×700×1450
Маса, кг	840

Запитання до розділу

1. За якими ознаками класифікують технологічне обладнання для охолодження харчових продуктів? Дайте визначення його основних видів.
2. Чим по суті відрізняються камери тунельного типу?
3. Що входить до складу камер із системою повітряного душення?

4. Чим визначається вибір виду холодильного обладнання камер охолодження м'яса? Охарактеризуйте принцип роботи та схему руху повітря в камерах.

5. Які конструкції повітроохолоджувачів використовують у камерах охолодження м'яса? Наведіть переваги й недоліки існуючих повітроохолоджувачів.

6. В яких камерах охолодження м'яса використовують радіаційний тепловий потік? Наведіть класифікацію обладнання цих камер, переваги й недоліки.

7. В яких камерах охолодження м'яса повітря охолоджують у детандерах? Наведіть принцип дії, переваги й недоліки.

8. Наведіть алгоритм розрахунку камер охолодження м'яса.

9. Охарактеризуйте обладнання для охолодження риби.

10. Які основні системи попереднього охолодження риби Вам відомі? Наведіть приклади їх практичного застосування.

11. Наведіть порядок розрахунку обладнання для охолодження риби льодом, водою або льодо-водяною сумішшю.

12. Які способи та обладнання використовують для охолодження плодів та овочів? Будова, принцип дії, недоліки й переваги.

13. Який порядок розрахунку обладнання для охолодження плодів та овочів?

14. Які апарати використовують для охолодження тушок птиці? Наведіть короткий опис і приклади їх практичного застосування.

15. Які основні формули використовують під час розрахунку апаратів для охолодження тушок птиці зрошуванням?

16. Яке обладнання використовують для охолодження молока? Наведіть конструкцію та принцип дії.

РОЗДІЛ 3

ХОЛОДИЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗАМОРОЖУВАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

3.1. 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.

3.1.1. 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 3.1а. Прохідна камера обладнана шістьма сухими стельовими повітроохолоджувачами,

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

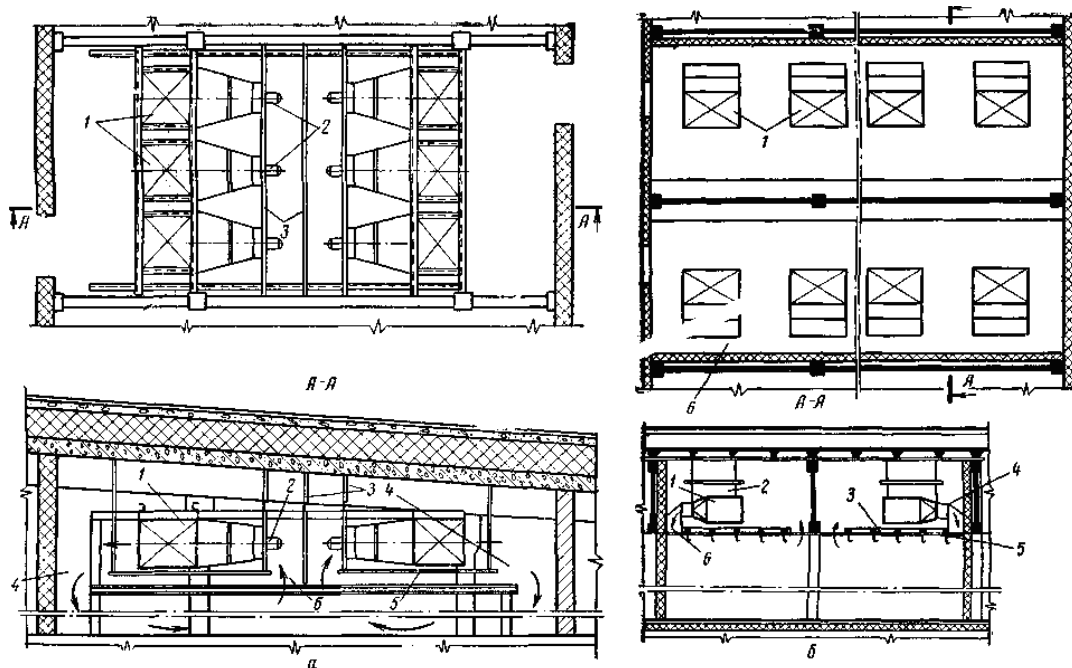


Рисунок 3.1 – Камера однофазного заморожування м'яса тунельного типу:
а – з подовжнім рухом повітря: 1 – стельові повітроохолоджувачі; 2 – осьові багатолопатеvim вентилятори; 3 – вертикальні перегородки; 4 – нагнітальне вікно; 5 – удавана стеля; 6 – всмоктувальне вікно; б – з поперечним рухом повітря: 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 стегнових 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. 3.1б) складається з дванадцяти стельових повітроохолоджувачів. У камеру холодне повітря попадає через нагнітальні вікна, розташовані вздовж її довгої сторони, а тепле 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. 3.2. 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.

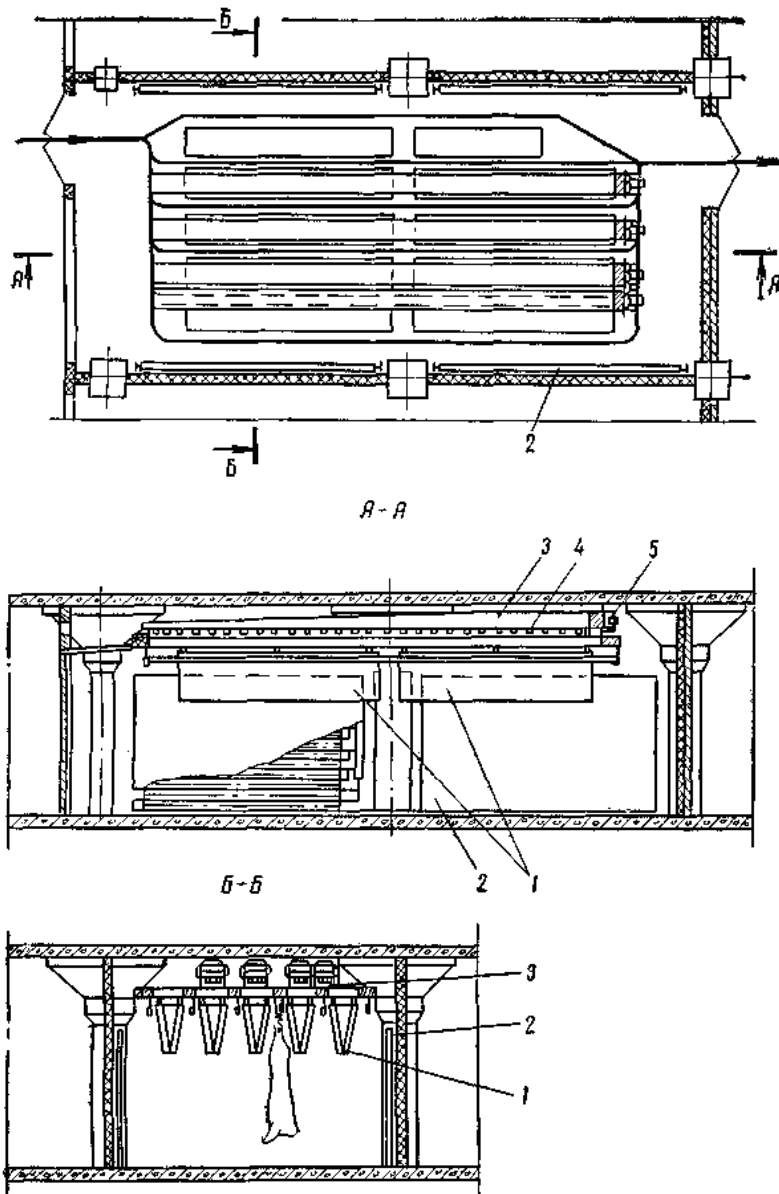


Рисунок 3.2 – Камера однофазного заморожування м'яса із системою повітряного душування через міжшляхові повітроохолоджувачі: 1 – міжшляховий повітроохолоджувач; 2 – пристінна батарея; 3 – повітровід; 4 – циліндричне сопло; 5 – осьовий вентилятор

У виробничих і розподільних холодильниках застосовують камери заморожування м'яса з міжрядними батареями й вимушеним рухом повітря. До складу обладнання камери (рис. 3.3) 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 направляєтся 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.

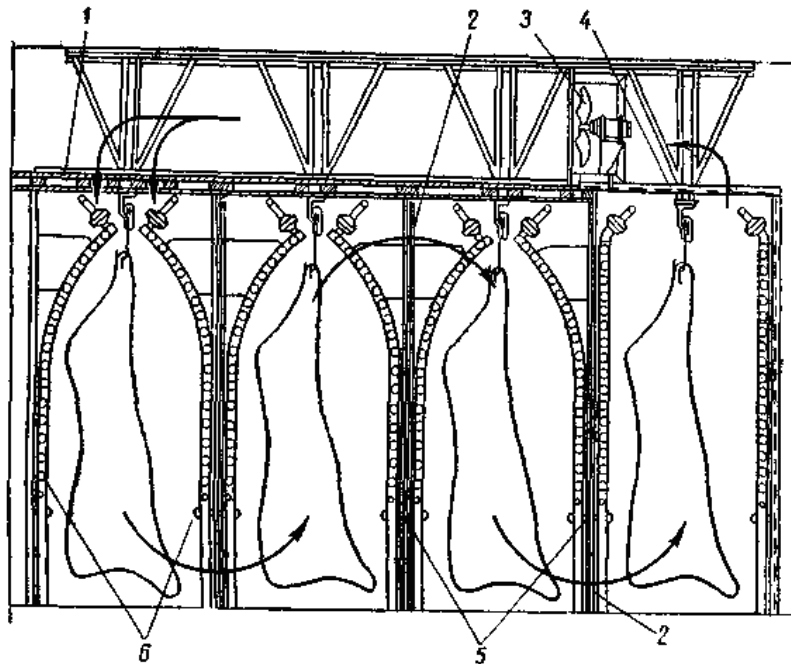


Рисунок 3.3 – Камера заморожування м'яса з міжрядними батареями та вимушеним рухом повітря: 1 – нагнітальне вікно; 2 – вікно перегородки; 3 – осьовий вентилятор; 4 – всмоктувальне вікно; 5 – перегородки; 6 – міжрядні батареї. Стрілки показують напрямок руху повітря

Далі повітря через вікно перегородки переходить у третій тунель, опускається вниз і направляється в четвертий тунель, з якого засмоктується вентиляторами через усмоктувальне 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. 3.4) 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.

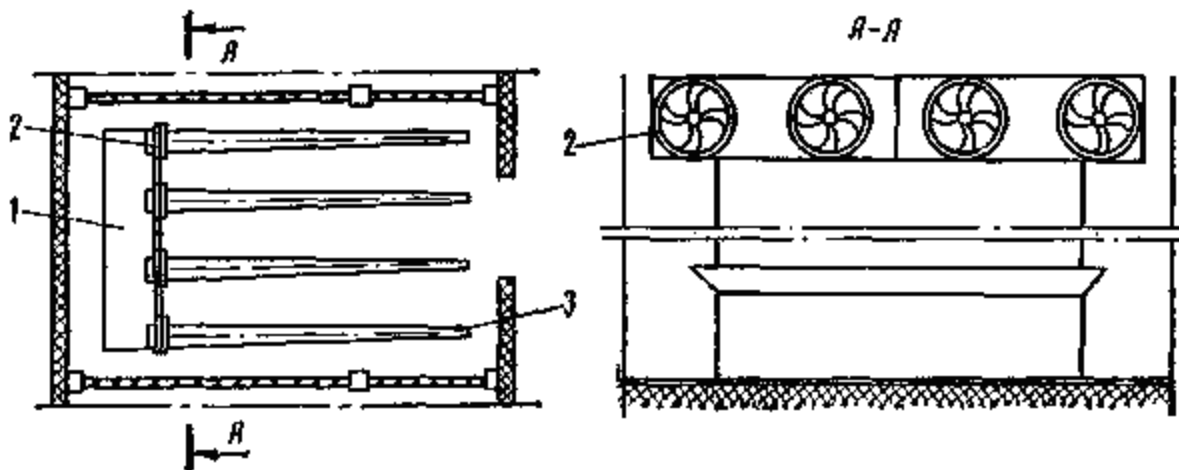


Рисунок 3.4 – Камера заморожування м'яса з постаментним повітроохолоджувачем та повітроводами: 1 – постаментний повітроохолоджувач; 2 – осьовий вентилятор; 3 – повітровід із подовжніми соплами

Охолоджене у повітроохолоджувачі повітря осьовими вентиляторами направляєтся 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.

3.1.2. Обладнання камер із природним рухом повітря

У холодильниках при м'ясокомбінатах функціонують камери заморожування м'яса, у яких холодильна 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. 3.5.

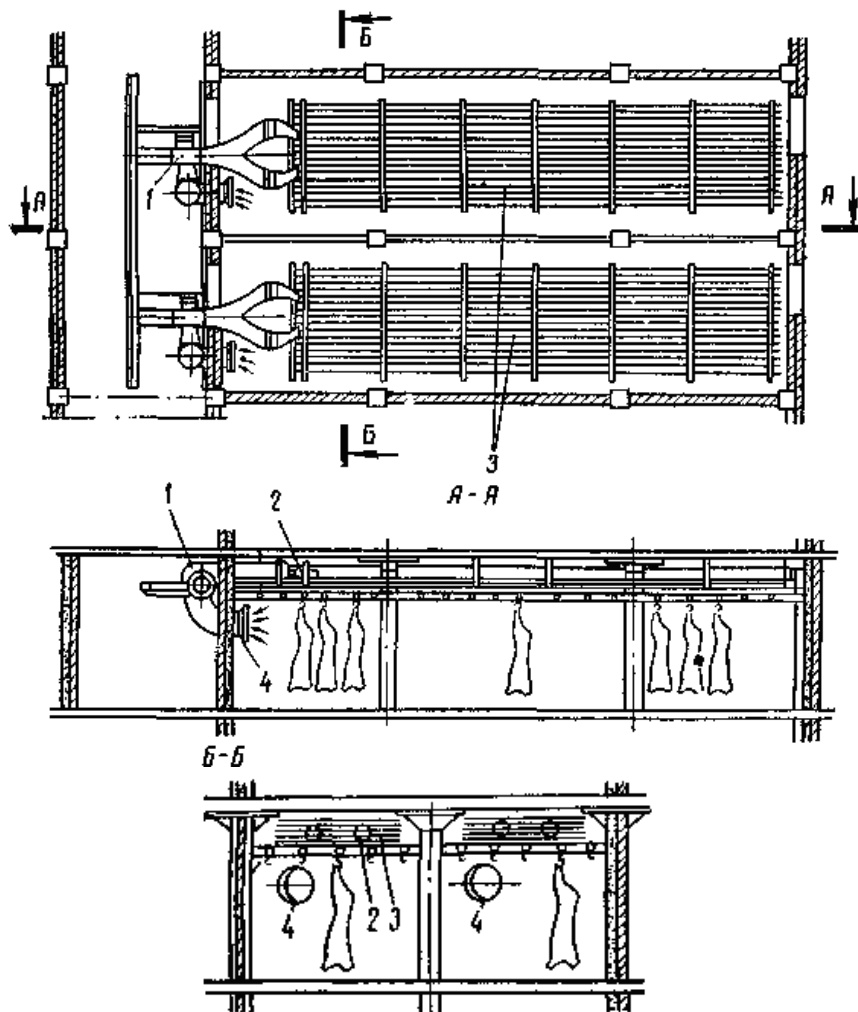


Рисунок 3.5 – Модернізована камера заморожування м'яса: 1 – вентилятор; 2 – сопло; 3 – батарея; 4 – всмоктувальний патрубок

Для збільшення швидкості руху повітря в зоні розташування стегнової частини напівтуші монтують вентилятори в сполученні з безканалною 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 стегною 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.

3.1.3. Порівняльні показники камер заморожування м'яса

Порівняльні показники роботи камер заморожування м'яса наводяться в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – 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 душування 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. 3.1

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 душування можна пояснити тим, що міжшляхові повітроохолоджувачі та пристінні батареї монтується 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 душування 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 вентиляторам.

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.

3.1.4. 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 (3.1), а площу підлоги камери – за формулою (3.3).

$$G = \frac{G' \tau_u}{24}, \quad (3.1)$$

де G – ємність камери, т;
 G' – продуктивність камери, т на добу;
 τ_u – тривалість циклу охолодження, год;

$$\tau_u = \tau + \tau_{з.в}, \quad (3.2)$$

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

$$F_c = \frac{G}{g_F}, \quad (3.3)$$

де F_c – 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

$$F'_c = n_d F_c, \quad (3.4)$$

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 (9.5).

$$L_n = \frac{G}{g_l}, \quad (3.5)$$

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 заморожуванні м'яса можна знайти з формули Планка

$$\alpha_{np} = \frac{q_3 \rho \delta P}{\tau(t_{кр} - t_c)} - \frac{R}{P} \cdot \frac{\lambda_{з.м}}{\delta}, \quad (3.6)$$

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;

$t_{кр}$ – криоскопічна температура (температура початку замерзання соків у м'ясі), $^\circ\text{C}$;

$\lambda_{з.м}$ – 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

$$\tau = 0,091 \frac{\delta \rho}{\alpha_{np}} \left[c_0 \left(\frac{t_{поч} - t_c}{t_{кр} - t_c} \right)^{1,5} + \frac{c_\omega^2}{c_{з.м}} \left(\frac{t_{кр} - t_c}{t_{кін} - t_c} \right)^{1,02} \right], \quad (3.7)$$

де c_ω – повна теплоємність м'яса під час заморожування, Дж/кг;

$c_{з.м}$ – питома теплоємність замороженого м'яса, Дж/(кг·К);

$t_{поч} = 37...39^\circ\text{C}$;

$t_{кін} = -18...-20^\circ\text{C}$.

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

$$\frac{\alpha_k \delta}{\lambda_B} = 0,33 \left(\frac{\omega_{xm} \delta}{\nu} \right)^{0,58}. \quad (3.8)$$

Звідки

$$\omega_{xm} = 6,73 \frac{\alpha_k^{1,72} \delta^{0,72} \nu}{\lambda_B^{1,42}}. \quad (3.9)$$

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

$$\alpha_k = \varepsilon_{np} - \alpha_n - \alpha_s. \quad (3.10)$$

Початкову швидкість повітря, що виходить із сопел різної форми, знаходять за рівнянням (3.11).

Для плоских сопел, наприклад,

$$\left(\frac{\omega_x}{\omega_0} \right) = \frac{1,2}{\sqrt{\frac{a_T x}{b_0} + 0,41}}, \quad (3.11)$$

Сумарну кількість повітря, що подається в камеру, визначають за формулою (3.12), а сумарну площу всіх щілин (сопел) – за рівнянням (3.13).

$$V_0 = \omega_0 F_{щ}, \quad (3.12)$$

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

$$F_{щ} = n f_{щ}, \quad (3.13)$$

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

Масу повітря, яке подається, розраховують за формулою

$$G_n = V_0 \rho_n, \quad (3.14)$$

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

Теплове навантаження на холодильне обладнання камери заморожування визначають за рівнянням (3.15).

$$Q_0 = Q_1 = Q_2 = Q_4 \quad (3.15)$$

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 (3.16).

$$F_{no} = \frac{Q_0}{k_0 \Delta t_m}, \quad (3.16)$$

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, дифузори) і втрати тиску на тертя в каналах і повітроводах.

Потужність електродвигунів розраховують за рівнянням (3.17).

$$Ne = \frac{V_e \Delta P}{\eta}, \quad (3.17)$$

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

3.2. 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. 3.6) 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 3.6 – 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 удаватися 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 вольованими 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.

3.2.1. 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. 3.7а.

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. 3.7б. 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.

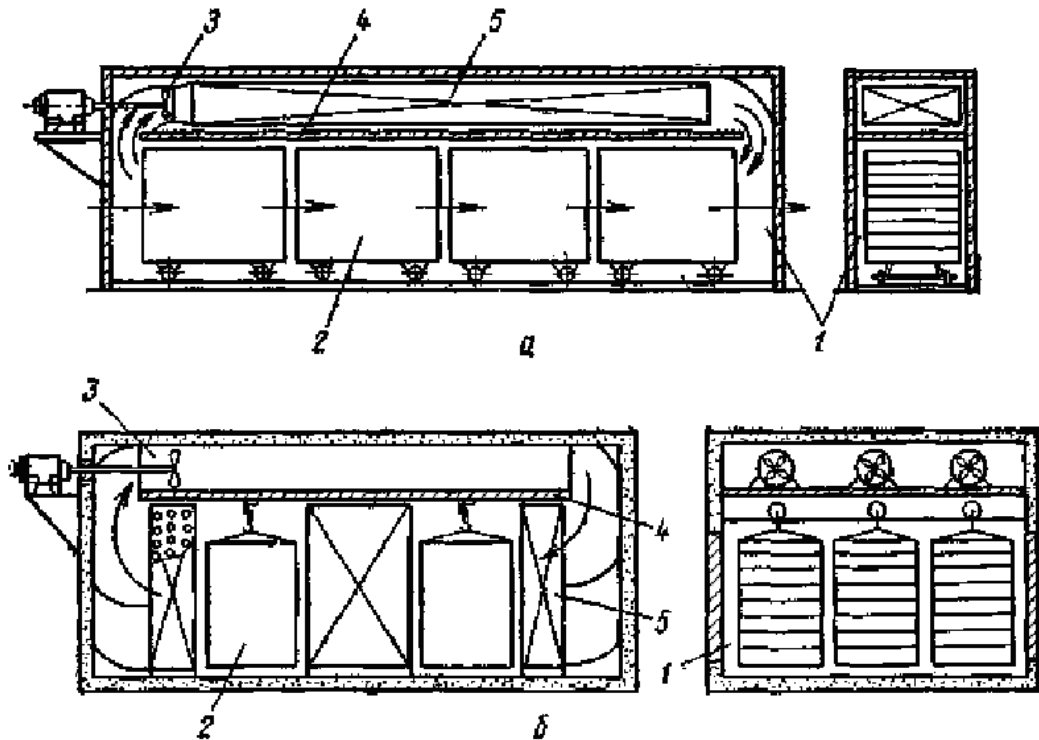


Рисунок 3.7 – Схема будови візкового морозильного апарата: а – з подовжнім рухом повітря; б – з поперечним рухом повітря: 1 – вантажний відсік; 2 – етажерки або візки; 3 – вентилятор; 4 – удавана стеля; 5 – повітроохолоджувач

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 «Укragроспецхолод» (рис. 3.8) 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 криоскопічної;
- друга зона – заморожування продукту;
- третя зона – доведення до заданої технологічної температури.

Зонне заморожування дозволяє в попередньо охолоджену до криоскопічної температури продукт, 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 $+20\dots+25^{\circ}\text{C}$ на вході до $-10\dots-18^{\circ}\text{C}$ на виході.



а



б



в

Рисунок 3.8 – 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 відрізнятись 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. 3.9) складаються з ізолюваного 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.

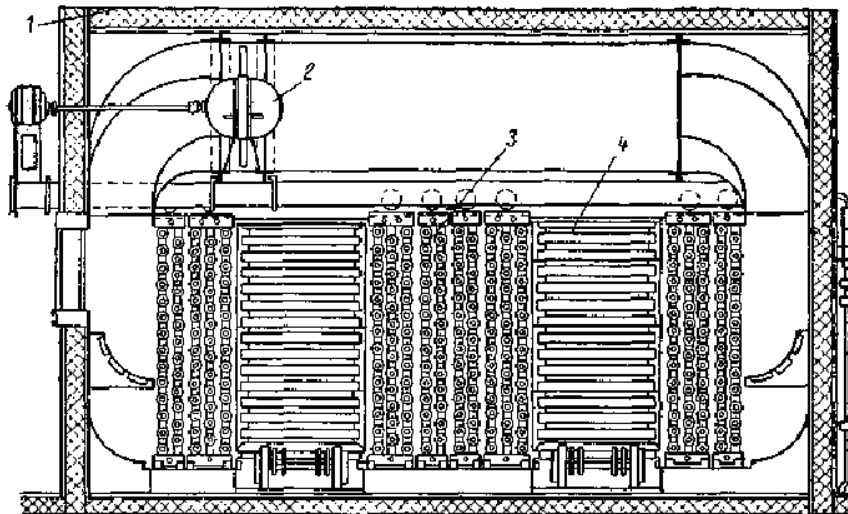


Рисунок 3.9 – Візковий морозильний апарат із ручним переміщенням візків марки СА: 1 – ізолюваний контур; 2 – реверсивний вентилятор; 3 – охолоджувальні секції повітроохолоджувача; 4 – візки з продуктом

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.

Технічна характеристика візкових морозильних апаратів із ручним

переміщенням візків приведена в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – 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. 3.10) являє собою ізольований контур, у якому охолоджувальні секції утворюють два тунелі. У них розміщуються вісім візків. У верхній частині апарата встановлюють чотири реверсивних вентиляторів, 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 вводиться наступний візок, що після повторного включення конвеєра проштовхує перший. Таким чином, у кожен тунель завантажують чотири візки.

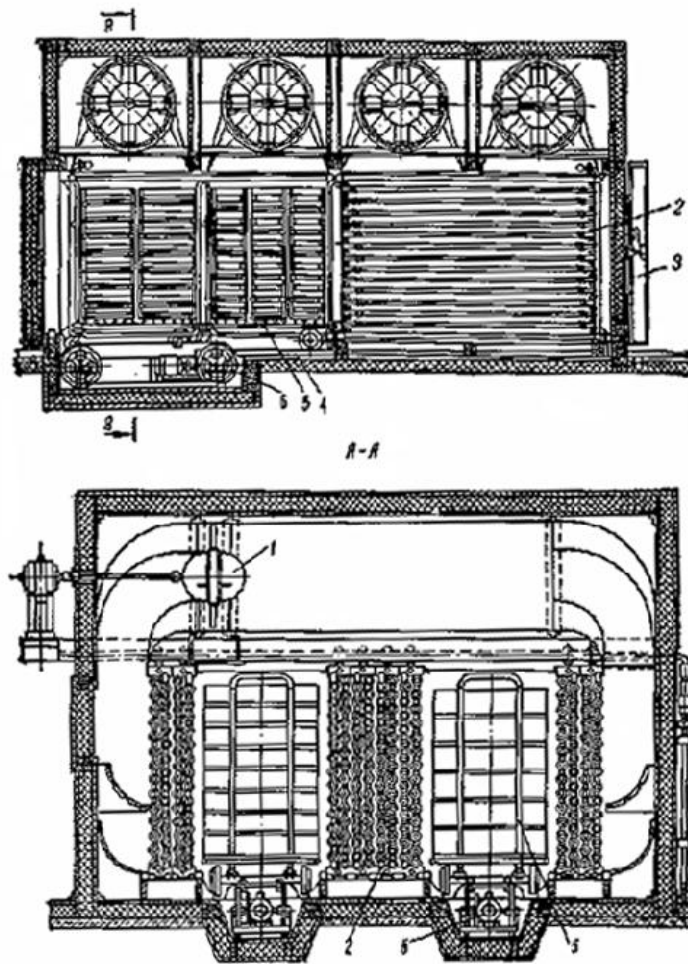


Рисунок 3.10 – Візковий морозильний апарат із механізованим переміщенням візків: 1 – вентиляторна установка; 2 – охолоджувальні секції; 3 – ізольовані двері; 4 – рейковий шлях; 5 – пристрій для переміщення візків

Охолоджувальні секції виконані з оребрених труб діаметром 32×2,25 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. 3.11) складаються з ізольованого 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.

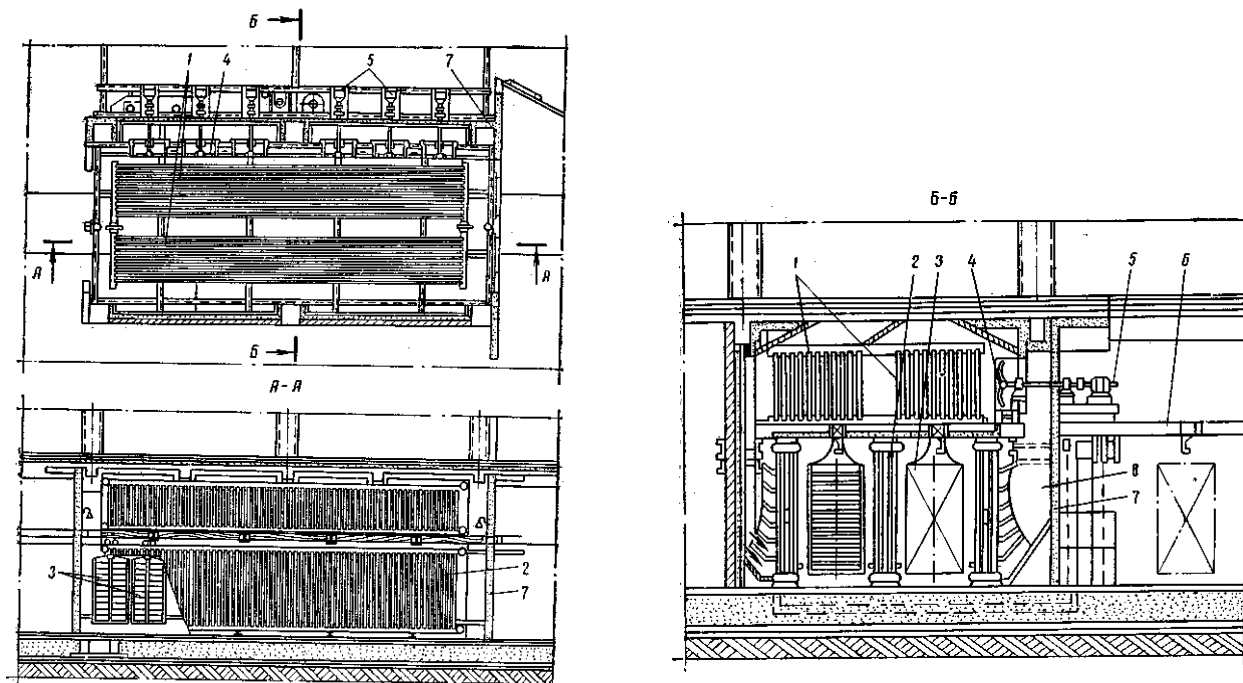


Рисунок 3.11 – Візковий морозильний апарат із механізованим переміщенням етажерок: 1 – охолоджувальні секції основних повітроохолоджувачів; 2 – охолоджувальні секції додаткових повітроохолоджувачів; 3 – підвісні етажерочні кліті; 4 – осьові вентилятори; 5 – електродвигуни; 6 – монорельсові шляхи; 7 – ізолюваний контур; 8 – напрямні апарати

Пересувні візкові апарати (рис. 3.12) звичайно розміщують у ізолюваному 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. 3.3.

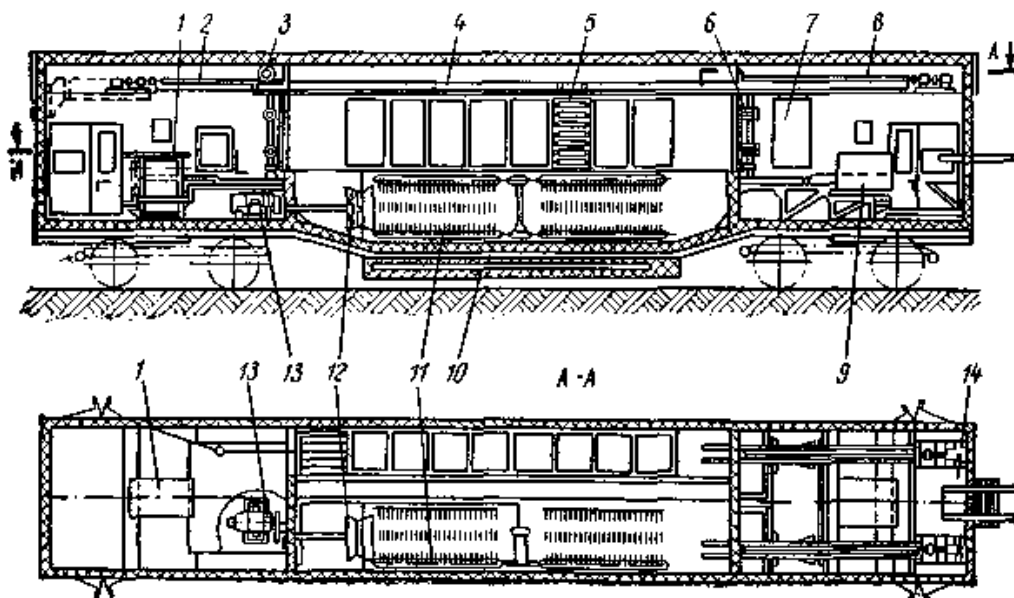


Рисунок 3.12 – Пересувний морозильний апарат із механізованим переміщенням візків: 1 – стіл для укладання продуктів; 2 – штовхач; 3 – привід ланцюгового конвеєра; 4 – рейковий підвісний шлях; 5 – етажерка; 6 – двері вантажного відсіку; 7 – пересувний візок; 8 – витягувальний механізм; 9 – глазурувальний апарат; 10 – аміачний ресивер; 11 – повітроохолоджувач; 12 – вентилятор; 13 – електродвигун вентилятора; 14 – стіл для упакування блоків

Таблиця 3.3 – 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
Кількість, шт. візків листів	8 208	12 -	16 192
Площа поверхні охолоджувальних батарей, 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

1	2	3	4
Кількість електродвигунів для вентиляторів, шт.	4	6	2
Потужність електродвигунів, кВт	16	16,8	28
Габаритні розміри, мм			
довжина			
ширина	4790	9500	8920
висота	5920	4750	865
	3000	3390	1600
Маса, кг	9000	26000	7800

3.2.2. 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. 3.13.

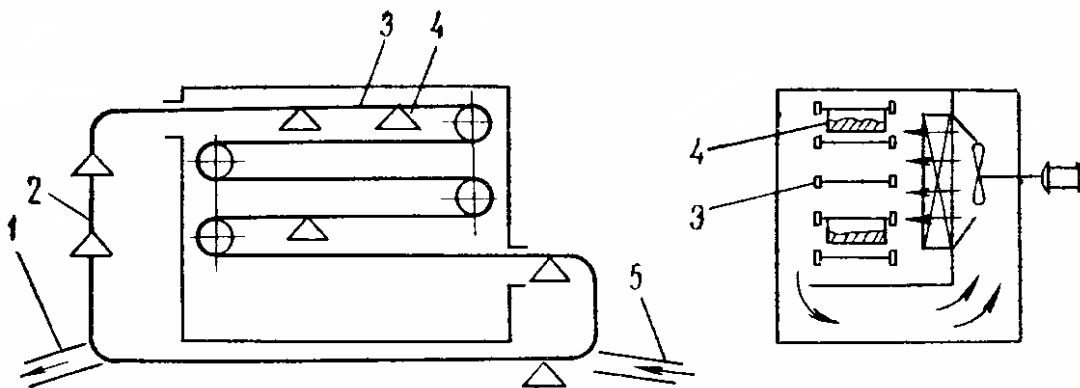


Рисунок 3.13 – Схема морозильного апарата із зигзагоподібним конвеєром: 1 – вузол розвантаження; 2 – ланцюг; 3 – зигзагоподібний конвеєр; 4 – форма з продуктом; 5 – вузол завантаження

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 судових 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. 3.14) входять вантажний конвеєр і секції повітроохолоджувача з вентилятором.

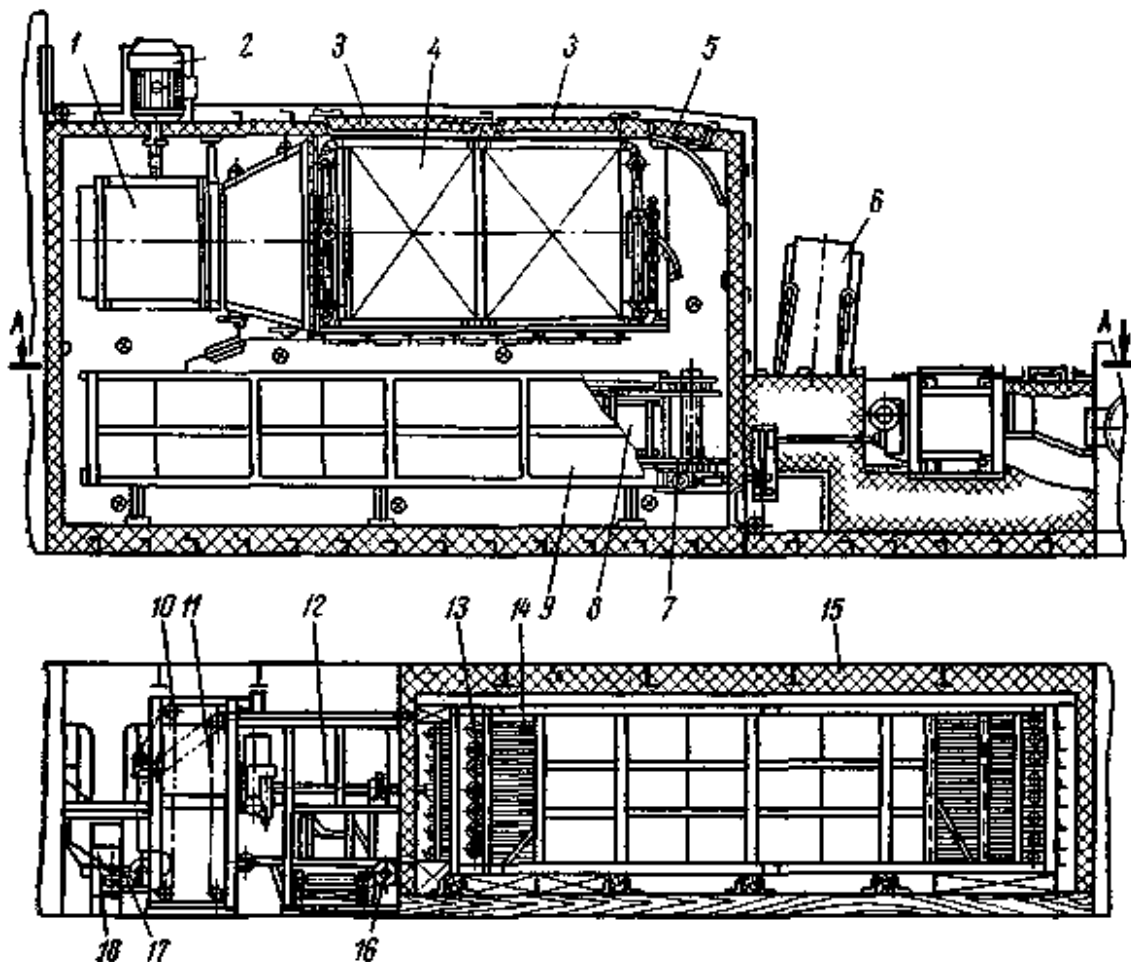


Рисунок 3.14 – Автоматизований судовий морозильний апарат типу АСМА:
 1 – вентилятор; 2 – електродвигун вентилятора; 3 – ізольовані двері;
 4 – повітроохолоджувач; 5 – двері; 6 – розвантажувальний конвеєр; 7 – перекидач;
 8 – блок-форма; 9 – вантажний конвеєр; 10 – елеватор; 11 – конвеєрні ланцюги;
 12 – привід конвеєра; 13 – зірочки; 14 – напрямні; 15 – ізольований контур;
 16 – електродвигун конвеєра; 17 – транспортер-живильник; 18 – бункер

Вантажний конвеєр складається з двох рівнобіжних конвеєрних ланцюгів, напрямок руху яких змінюється 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 іншій переміщуються зверху вниз. Перехід із верхніх напрямних на нижні відбувається гравітаційним способом.

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 дво'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 інший; 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 ізольований 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 ізольованого контуру апарата АМА (рис. 3.15) зроблений із профільної сталі. Панелі ізольованого 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 переміщуються ліфтами у висячому положенні. До ланцюгів кріпляться 16 несучих косинців, на яких розміщується по п'ять листів. Для проходження повітря відстань між листами складає 60 мм.

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 витоків 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.

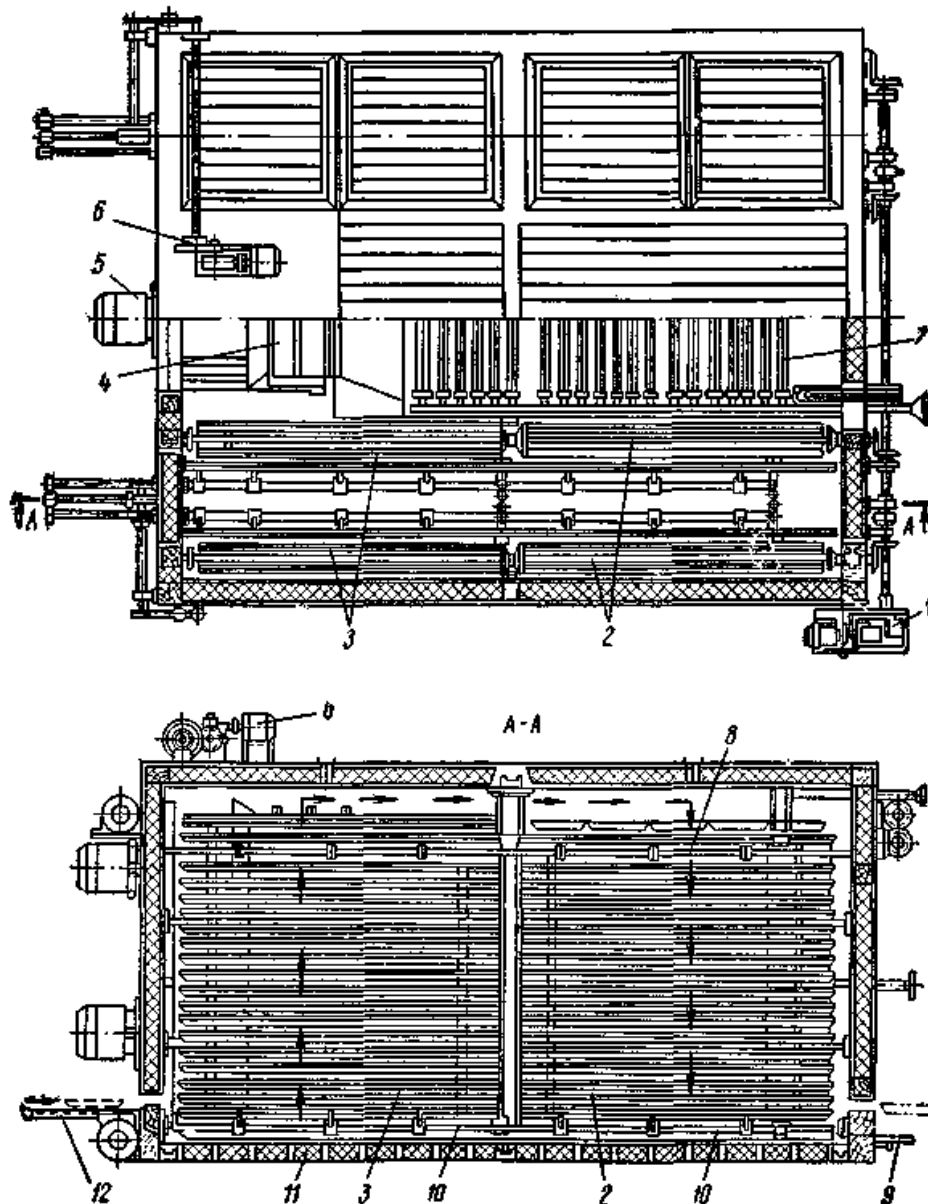


Рисунок 3.15 – Швидкоморозильний апарат АМА: 1 – привід ліфтів; 2 – ліфт, що опускає; 3 – ліфт піднімальний; 4 – вентиляторна установка; 5 – електродвигун вентилятора; 6 – привід штангових штовхачів; 7 – секція повітроохолоджувача; 8 – штанговий штовхач верхній; 9 – розвантажувальне вікно; 10 – штанговий штовхач нижній; 11 – ізолюваний контур; 12 – завантажувальне вікно

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 охолоджуваніс 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. 3.16) входять повітроохолоджувачі, осьові вентилятори, вантажний конвеєр, що несе литі алюмінієві блок-форми, вузол завантаження й вивантаження та основний привід.

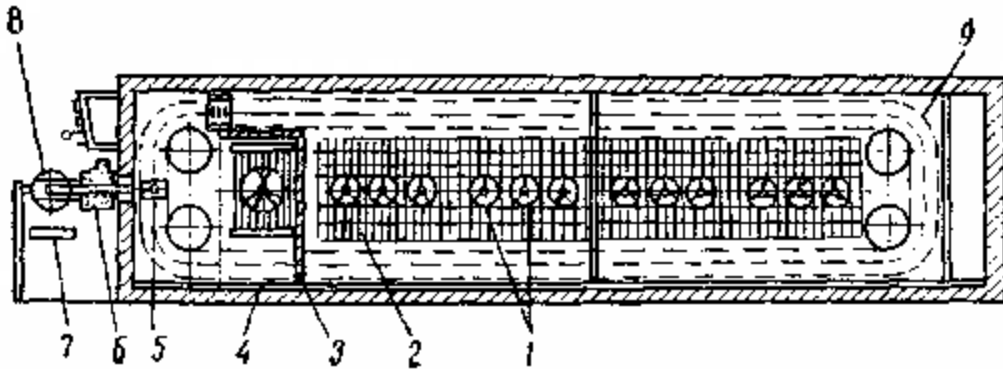


Рисунок 3.16 – Конвеєрний морозильний апарат ЛВН: 1 – осьові вентилятори; 2 – оребрена секція повітроохолоджувача; 3 – лабіринтне ущільнення; 4 – піддон для обігріву; 5 – блок-форма; 6 – паровий ящик; 7 – розвантажувальний конвеєр; 8 – вузол завантаження та вивантаження; 9 – ланцюг вантажного конвеєра

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 видалається 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. 3.4.

Таблиця 3.4 – 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
1	2	3	4
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

1	2	3	4
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. 3.17) 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.

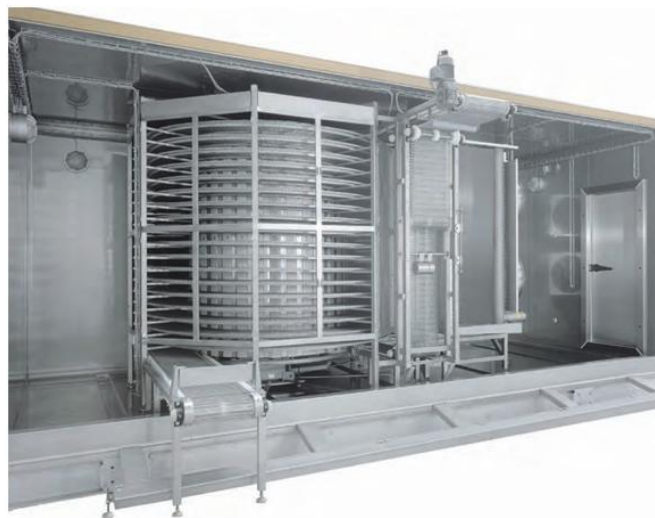


Рисунок 3.17 – Загальний вигляд спірального морозильного апарата

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. 3.18) 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 3.18 – Заморожування продукту в спіральному морозильному апараті

До складу спірального морозильного апарата входять:

- теплоізольована 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. 3.19). Сігчаста 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 сігчастої стрічки конвеєра, поступово нагріваючись і насичуючись вологою, тому втрата маси продуктів нижча, ніж у апаратах із горизонтальним потоком повітря.

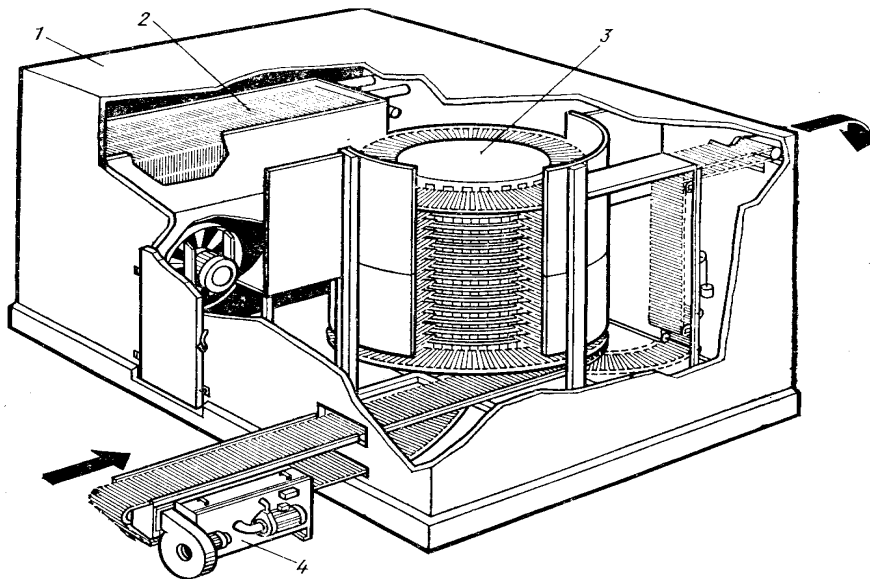


Рисунок 3.19 – Апарат зі стрічковим спіральним конвеєром: 1 – теплоізоляційне огородження; 2 – повітроохолоджувач; 3 – барабан; 4 – пристрій для санітарної обробки стрічки конвеєра

Компактний спіральний морозильний апарат продуктивністю до 250 кг/годину (рис. 3.20) складається зі спірального багатоярусного конвеєра, яким рухається продукція, що заморожується, та холодильної установки, яка забезпечує інтенсивне відбирання тепла від продукту.

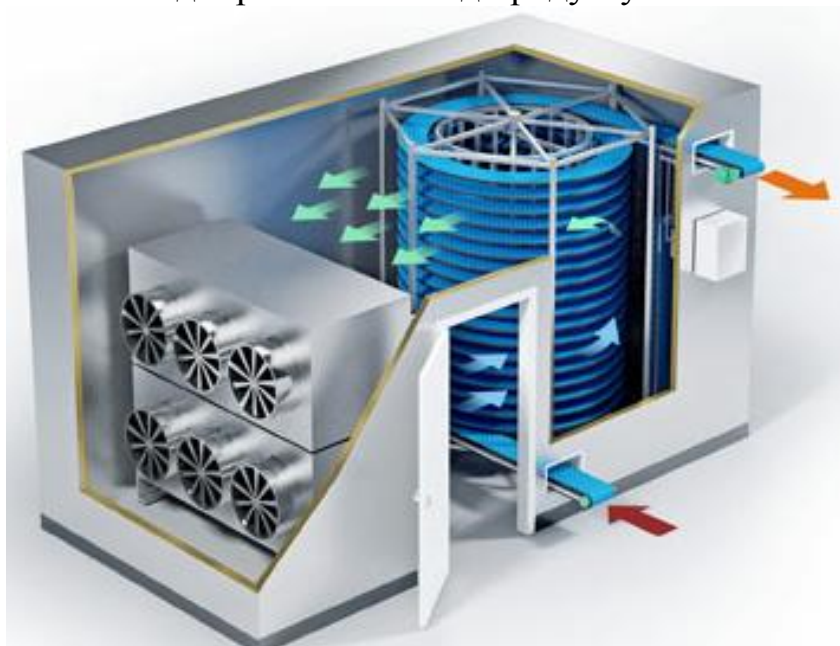


Рисунок 3.20 – Загальний вигляд компактного спірального морозильного апарата продуктивністю до 250 кг/годину

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. 3.21) складається з ізованого контуру, повітроохолоджувача, вентиляторів, пристрою для миття та сушіння стрічки, натяжного пристрою й вузла розвантаження.

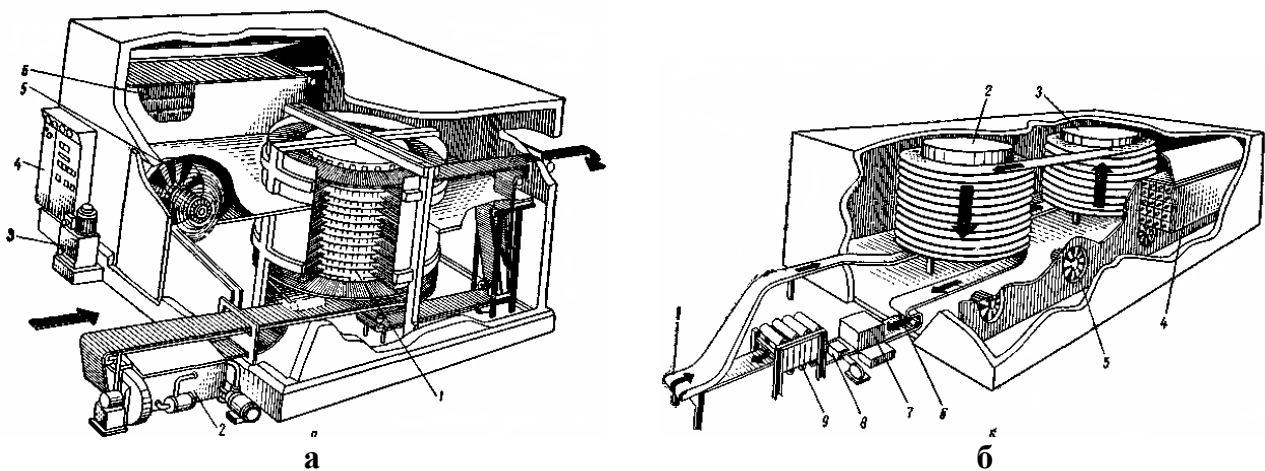


Рисунок 3.21 – Морозильні апарати «Гірофриз»: а – з одним барабаном: 1 – барабан; 2 – пристрій для миття стрічки; 3 – перетворювач частоти; 4 – розподільний щит; 5 – вентилятор; б – повітроохолоджувач; б – з двома барабанами: 1 – пристрій для перевертання стрічки; 2 – другий барабан; 3 – перший барабан; 4 – повітроохолоджувач; 5 – вентилятор; 6 – вузол розвантаження; 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 холодильної 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 дезинфікуючим 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 ножем, 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. 3.22) 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.

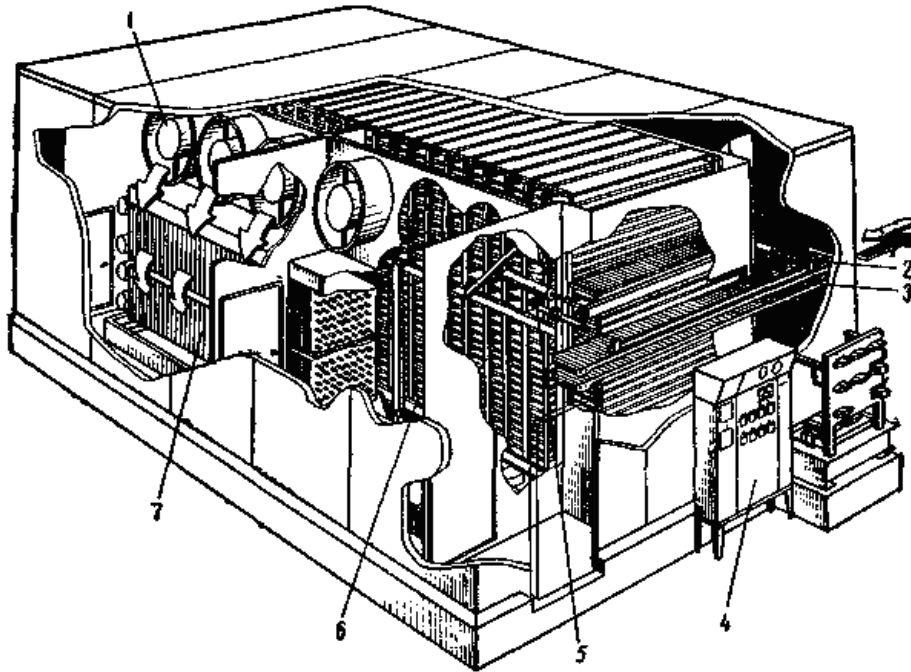


Рисунок 3.22 – Конвеєрний морозильний апарат для заморожування готових блюд в упаковці, хлібобулочних виробів та морозива: 1 – осьові вентилятори; 2 – транспортер завантаження; 3 – транспортер вивантаження; 4 – пульт автоматичного контролю та управління; 5 – гідравлічний циліндр; 6 – стелажі; 7 – повітроохолоджувач

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.

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. 3.23) 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.

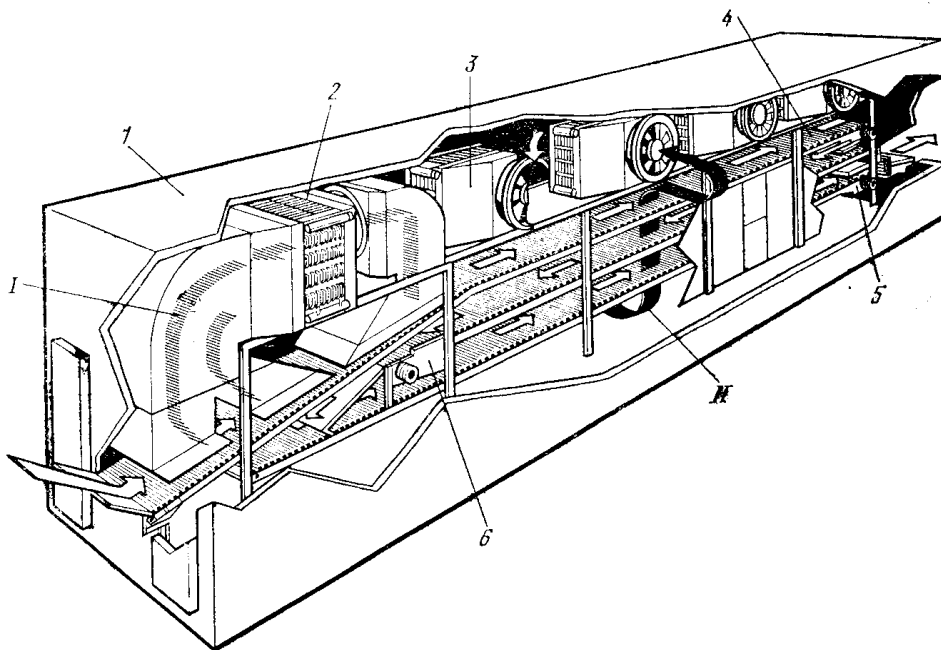


Рисунок 3.23 – Морозильний апарат для заморожування готових блюд на стрічці конвеєра: 1 – теплоізоляційне огородження; 2 – повітроохолоджувач поздовжнього циркуляційного контуру I; 3 – повітроохолоджувач поперечного циркуляційного контуру II; 4 – верхній конвеєр; 5 – нижній конвеєр; 6 – середній конвеєр

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. 3.24. Продукт переміщується 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.

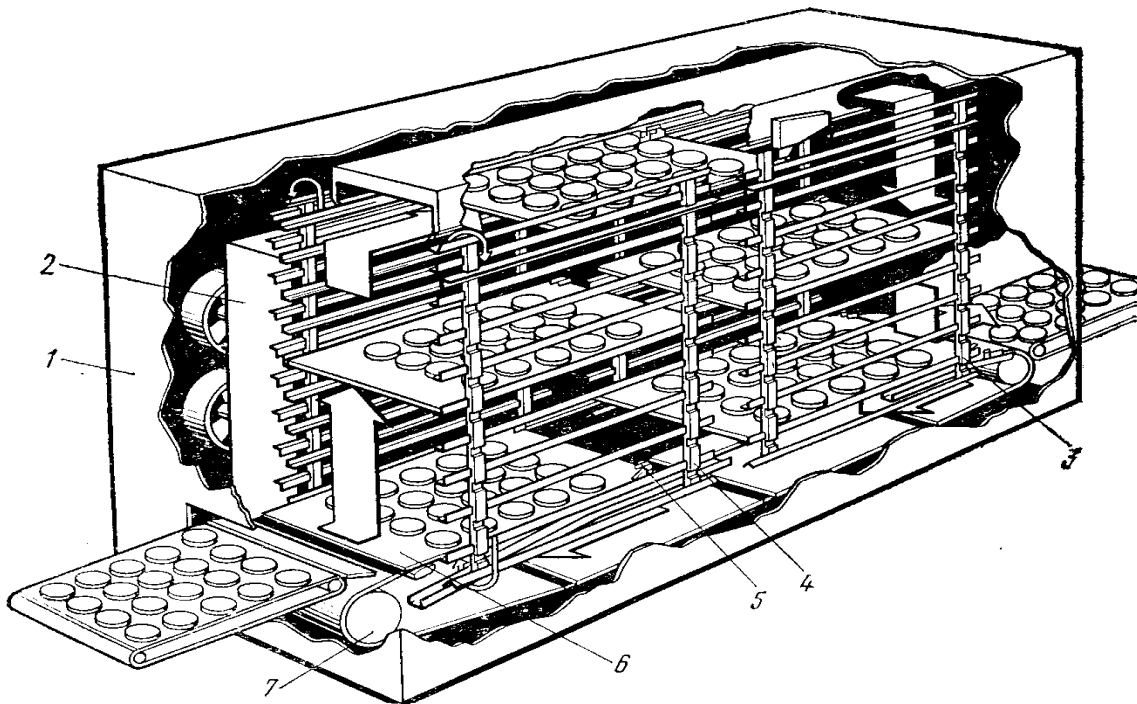


Рисунок 3.24 – Апарат із вертикальними та горизонтальними конвеєрами:
1 – теплоізоляційне огородження; 2 – повітроохолоджувач; 3 – вертикальний конвеєр, що опускає продукт; 4 – вертикальний конвеєр, що піднімає продукт; 5 – швидкодіючий затискач; 6 – лист із продуктом; 7 – горизонтальний конвеєр

Технічна характеристика апаратів для заморожування готових блюд приведена в табл. 3.6.

Таблиця 3.6 – Технічна характеристика апаратів для заморожування готових блюд

Показники	Значення	
	апарат для заморожування готових блюд в упаковці	апарат для заморожування готових блюд
Продуктивність, т на добу	0,6	0,6...1
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. 3.25а) 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.

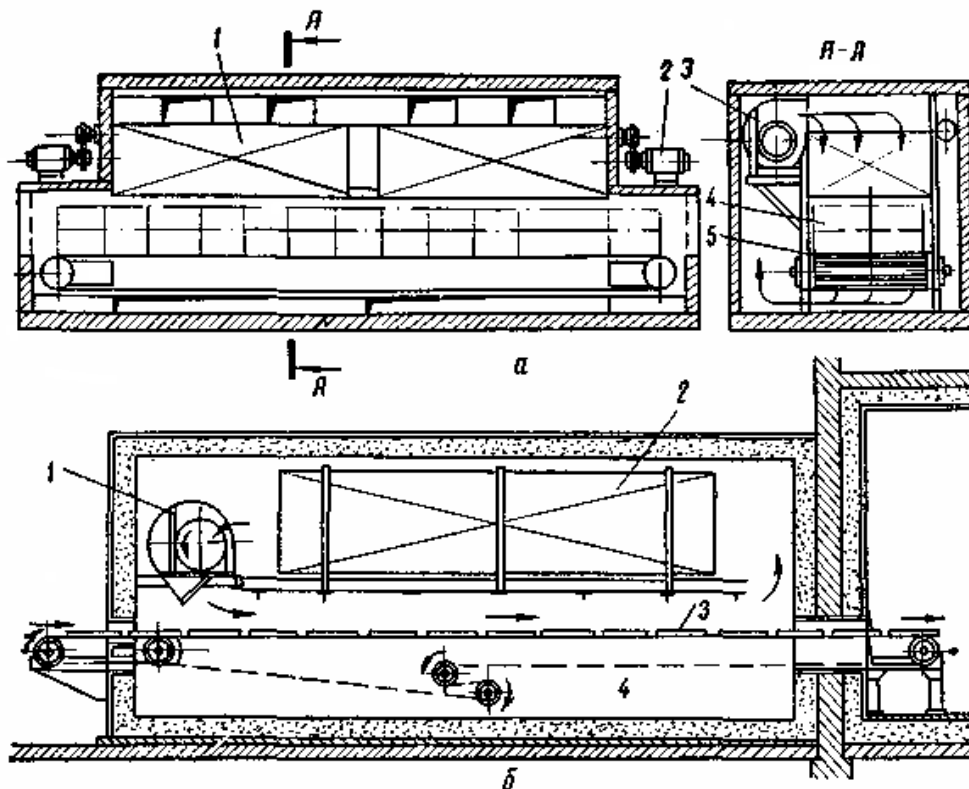


Рисунок 3.25 – Конвеєрні морозильні апарати для заморожування упакованих продуктів: а – із сітчастим конвеєром і поперечним рухом повітря; 1 – повітроохолоджувач; 2 – привід вентиляторів; 3 – відцентровий вентилятор; 4 – упакований продукт; 5 – сітчастий конвеєр; б – зі стрічковим конвеєром та подовжнім рухом повітря; 1 – відцентровий вентилятор; 2 – повітроохолоджувач; 3 – упакований продукт; 4 – стрічковий конвеєр

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.

Апарат зі стрічковим конвеєром і подовжнім рухом повітря (рис. 3.25б) 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 обігривається, 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. 3.7.

Таблиця 3.7 – 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

3.2.3. 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

$$V_{\text{бл}} = l_{\text{бл}} b_{\text{бл}} \delta_{\text{бл}}, \quad (3.18)$$

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

$$g_1 = V_{\text{бл}} \rho. \quad (3.19)$$

Тривалість заморожування знаходять за формулою Планка

$$\tau = \frac{q_3 \rho}{t_{\text{кр}} - t_c} \left[R \frac{\delta_{\text{бл}}}{\lambda} + P \left(\frac{l}{\alpha} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} \right) \right], \quad (3.20)$$

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

$$\alpha = 0,032 \frac{\omega^{0,8} \lambda_n}{l_x^{0,2} \nu^{0,8}}, \quad (3.21)$$

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

$$G = G' \tau. \quad (3.22)$$

Кількість блоків в апараті розраховують за рівнянням

$$z_{\text{бл}} = \frac{G}{g_1}, \quad (3.23)$$

де $z_{\text{бл}}$ – кількість блоків в апараті, шт.
 Довжину ланцюга вантажного конвеєра апарата знаходять за формулою

$$L_n = b_{\text{ф}} z_{\text{бл}}, \quad (3.24)$$

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

Швидкість руху вантажного конвеєра визначають за рівнянням

$$\omega_k = \frac{L_n}{\tau}, \quad (3.25)$$

де ω_k – швидкість руху вантажного конвеєра, м/с.
Число гілок конвеєра розраховують за формулою

$$z_2 = \frac{L_n}{L_k}, \quad (3.26)$$

де z_2 – 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

$$V'_n = F_{жс} \omega, \quad (3.27)$$

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

$$F_{жс} = [(L_k + 2b_1) l_1 (z_n + 1)], \quad (3.28)$$

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

$$F_{жс} = [(l + 2b_2) l_1 (z_n + 1)], \quad (3.29)$$

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

Теплове навантаження на обладнання визначають за формулою

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 + Q_{ст} + Q_{\phi} + Q_4, \quad (3.30)$$

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

$$Q_{cm} = m_{cm} c_{cm} \omega_k (t_1 - t_2), \quad (3.31)$$

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;

$$Q_\phi = m_\phi c_\phi \omega_k (t_1 - t_2), \quad (3.32)$$

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

$$\Theta = \frac{Q_0}{V_n \rho_n c_n}. \quad (3.33)$$

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

$$\Delta t_m = \frac{\Theta}{2,3 \lg \frac{t'_c - t_0}{t''_c - t_0}}, \quad (3.34)$$

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

$$t'_c = t_c + \frac{\Theta}{2}, \quad (3.35)$$

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

$$t''_c = t_c - \frac{\Theta}{2}. \quad (3.36)$$

Площу поверхні повітроохолоджувача знаходять за формулою (3.37)

$$F_{no} = \frac{Q_0}{k_0 \Delta t_m}, \quad (3.37)$$

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

$$L_{c.x} = \frac{\Pi_x F_{no}}{f_x}, \quad (3.38)$$

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

$$F_\kappa = \frac{V_n}{\omega_n}, \quad (3.39)$$

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

$$B_\kappa = l_{mp} + 2l_3, \quad (3.40)$$

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

$$H_\kappa = \frac{F_\kappa}{B_\kappa}, \quad (3.41)$$

де H_κ – висота каналу, м.

На такій висоті можна розмістити

$$n_l = \frac{H_\kappa}{s_l} - 1 \text{ рядів труб,} \quad (3.42)$$

де n_l – кількість труб по висоті каналу;

s_l – відстань між трубами по висоті, м.

Довжину труб у одному вертикальному ряду розраховують за рівнянням

$$L_{mp} = n_1 l_{mp}, \quad (3.43)$$

де L_{mp} – довжина труб у вертикальному ряду, м.
Кількість вертикальних рядів труб у кожній секції знаходять із залежності

$$m_x = \frac{L_{c.x}}{L_{mp}}, \quad (3.44)$$

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

$$\Delta p = (\Delta p_{no} + \Delta p_{zp} + \Delta p_{нов} + \Delta p_{диф} + \Delta p_{конф} + \Delta p_{ex}) \cdot 1,1, \quad (3.45)$$

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

$$\Delta p_x = 1,35 m_x \left(\frac{h}{d_3} \right)^{0,46} \left(\frac{U_x}{d_3} \right)^{-0,72} Re_x^{-0,24} \frac{(\omega'_x)^2}{2} \rho_n, \quad (3.46)$$

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;

$$Re_x = \frac{\omega'_x d_3}{v_e}. \quad (3.47)$$

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

Швидкість руху повітря в живому перерізі секції знаходять із залежності

$$\omega'_x = \varphi_x \omega_n, \quad (3.48)$$

де φ_x – коефіцієнт стиснення, який ураховує розташування в перерізі каналу оребрених труб;

$$\varphi_x = \frac{\frac{s_1}{d_3} \left(1 - \frac{\delta_p}{U_x}\right)}{\frac{s_1}{d_3} - 1 + \left(\frac{s_1}{d_3} - 1 - \frac{2h}{d_3}\right) \frac{\delta_p}{U_x}}, \quad (3.49)$$

δ_p – товщина ребра, м;

$$U_x = i - \delta_p - 2\delta_{c.x}, \quad (3.50)$$

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

$$\Delta p_{no} = \sum \Delta p_x. \quad (3.51)$$

Аеродинамічний опір блок-форм у вантажному відсіку апарату рівний

$$\Delta p_{zp} = \xi_\phi n_\phi \frac{\omega^2}{2} \rho_n, \quad (3.52)$$

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

$$\Delta p_{нов} = n_{нов} \xi_{нов} \frac{\omega_{нов}^2}{2} \rho_n, \quad (3.53)$$

де $n_{нов}$ – кількість поворотів, які здійснює повітря в циркуляційному кільці апарата;

$\xi_{нов}$ – коефіцієнт місцевого опору повороту;

$\omega_{нов}$ – швидкість руху повітря в перерізі повороту, м/с.

Аеродинамічний опір дифузора визначають за формулою

$$\Delta p_{\text{диф}} = \xi_{\text{диф}} \frac{\omega_{\text{диф}}^2}{2} \rho_n, \quad (3.54)$$

де $\xi_{\text{диф}}$ – коефіцієнт місцевого опору дифузора;
 $\omega_{\text{диф}}$ – швидкість руху повітря в стиснутому перерізі дифузора, м/с.
Аеродинамічний опір конфузора визначають за формулою

$$\Delta p_{\text{конф}} = \xi_{\text{конф}} \frac{\omega_{\text{конф}}^2}{2} \rho_n, \quad (3.55)$$

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

Аеродинамічний опір при вході повітря у вентилятор знаходять за формулою

$$\Delta p_{\text{вх}} = \xi_{\text{вх}} \frac{\omega_{\text{вх}}^2}{2} \rho_n, \quad (3.56)$$

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

$$\omega_{\text{вх}} = \frac{4V_e}{\pi d_e^2 n_e}, \quad (3.57)$$

де d_e – діаметр усмоктувального вікна вентилятора, м;
 n_e – кількість вентиляторів, шт.

Для обчислення швидкості руху повітря в усмоктувальному вікні треба підібрати вентилятор. 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 $\Delta p_{\text{вх}}$ і уточнюється аеродинамічний опір у циркуляційному кільці апарата. Потужність електродвигунів вентиляторів знаходять за формулою (3.58)

$$N_e = \frac{V_e \Delta P}{\eta}, \quad (3.58)$$

де N_e – 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.

3.3. Флюїдизаційні апарати

Флюїдизаційні морозильні апарати (рис. 3.31) 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 3.26 – Флюїдизаційний морозильний апарат (розріз)

Флюїдизаційні морозильні апарати бувають малої, середньої та великої продуктивності.

3.3.1. Апарат малої продуктивності (рис. 3.27) 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 вентиляторами. Повітря нагнітається вентиляторами у вантажний відсік.

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

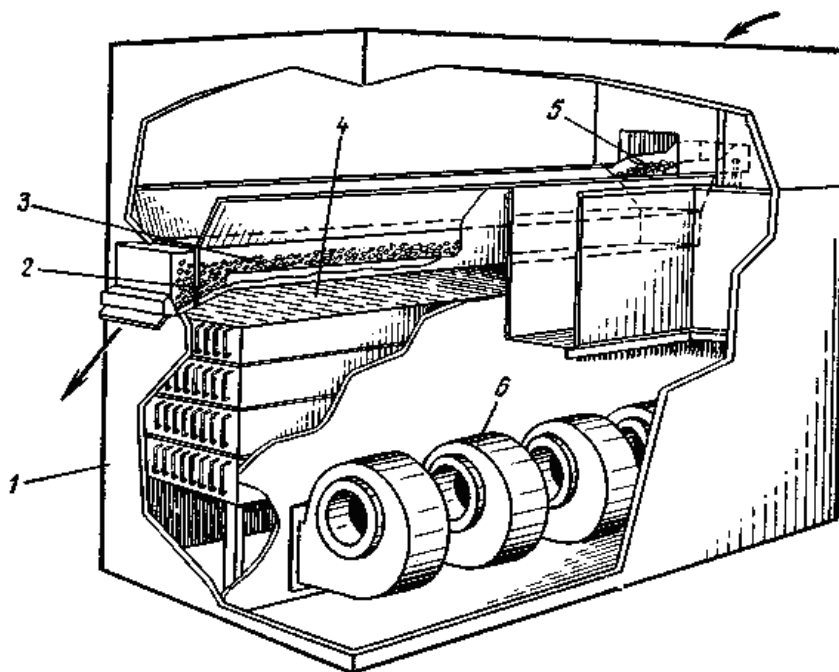


Рисунок 3.27 – Флюїдизаційний апарат малої продуктивності: 1 – ізолюваний контур; 2 – піддон із перфорованим дном; 3 – продукт; 4 – повітроохолоджувач; 5 – вібраційна решітка; 6 – відцентрові вентилятори

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

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

Технічна характеристика флюїдизаційного морозильного апарата малої продуктивності приведена в табл. 3.9.

Таблиця 3.9 – 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

3.3.2. Апарат середньої продуктивності (рис. 3.28) повітроохолоджувач складається з чотирьох секцій, відділених теплоізолюваними 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.

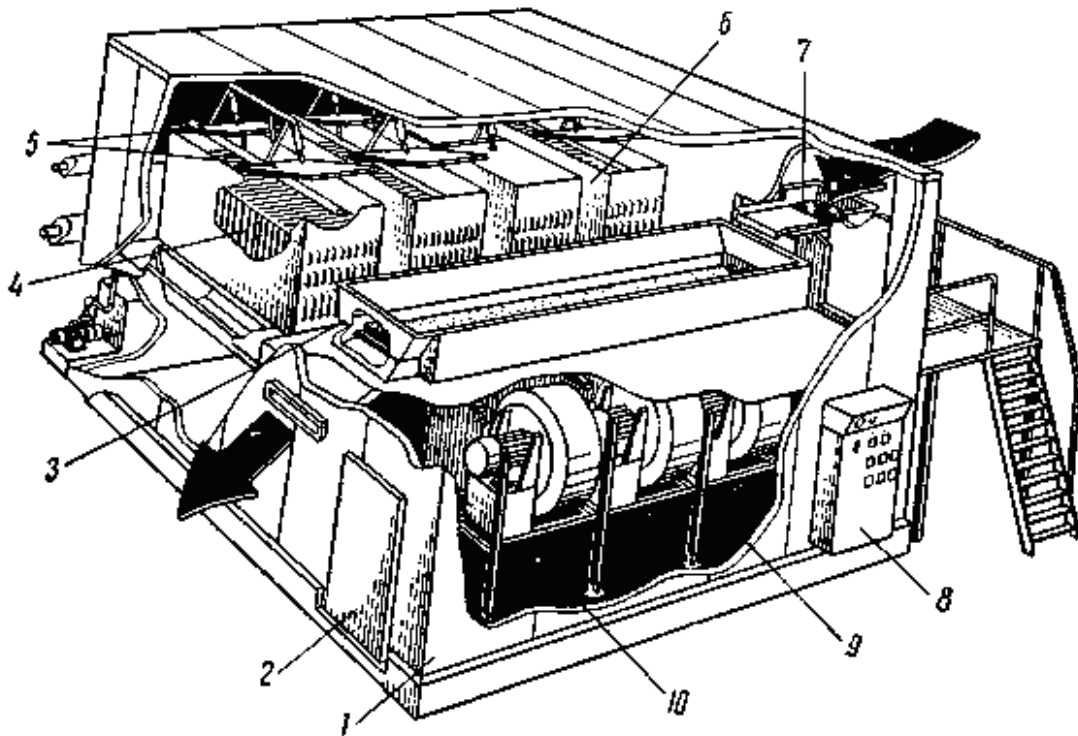


Рисунок 3.28 – Флюїдизаційний апарат середньої продуктивності: 1 – ізольований контур апарата; 2 – двері; 3 – піддон із перфорованим дном; 4 – секція повітроохолоджувача; 5 – щити для закривання секції повітроохолоджувача; 6 – теплоізоляційна перегородка; 7 – вібраційна решітка; 8 – щит; 9 – вентилятор; 10 – площадка для установалення вентиляторів

Технічна характеристика флюїдизаційного морозильного апарата середньої продуктивності приведена в табл. 3.10.

Таблиця 3.10 – 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

3.3.3. 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. 3.29) являє собою вольований 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.

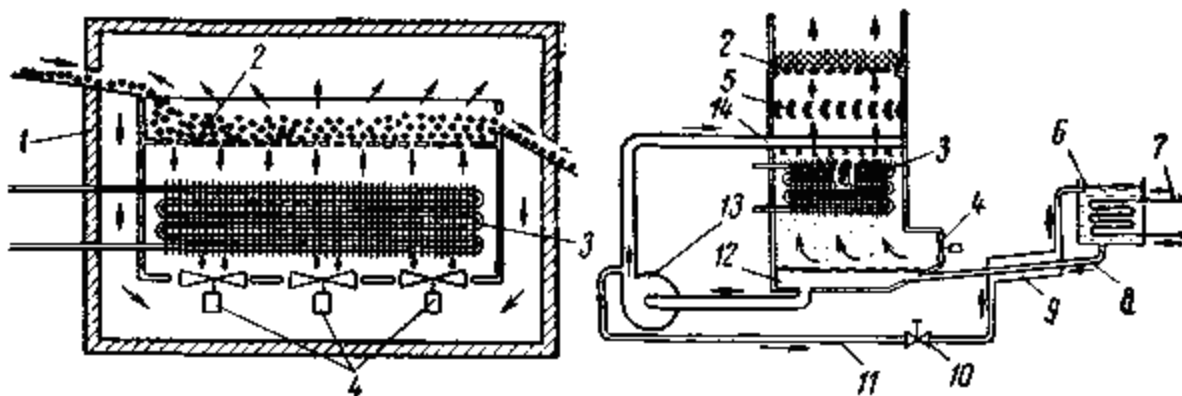


Рисунок 3.29 – Флюїдизаційний апарат великої продуктивності зі зрошувальним повітроохолоджувачем: 1 – ізолюваний контур; 2 – піддони з перфорованим дном; 3 – повітроохолоджувачі; 4 – вентилятори; 5 – каплевідділювачі; 6 – реконцентратор етиленгліколю; 7 – паровий змійовик для випаровування води з етиленгліколю; 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. 3.30) 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.

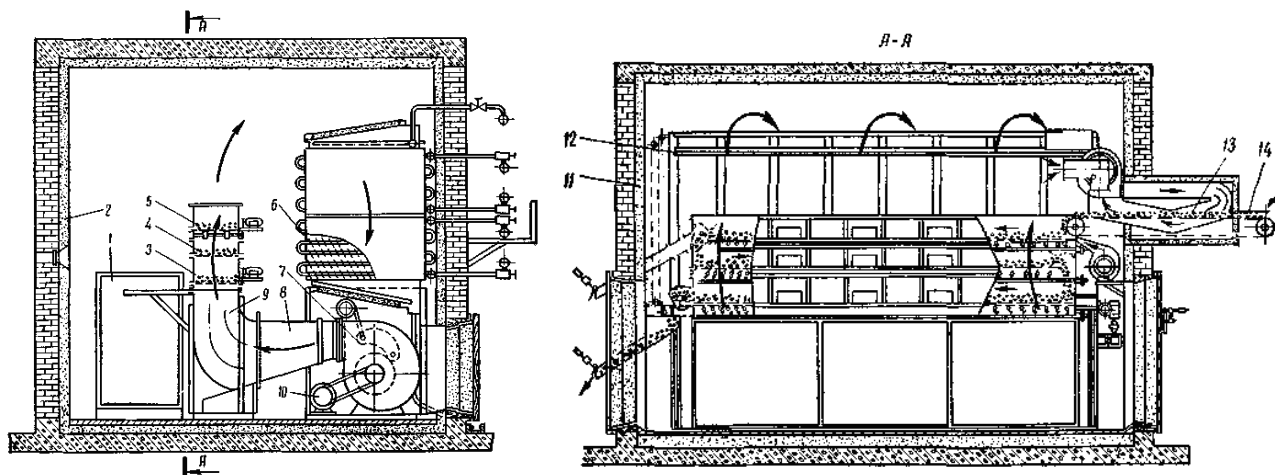


Рисунок 39.30– Флюїдизаційний апарат великої продуктивності з багатоярусними решітками: 1 – тунельний відсік; 2, 11 – ізолюваний контур; 3 – нижня нерухома решітка; 4 – середня нерухома решітка; 5 – верхня нерухома решітка; 6 – повітроохолоджувач; 7 – відцентровий вентилятор із електродвигуном; 8 – дифузор; 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 шиберів. 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 ізольованому 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. 3.31) установлений на потоковій лінії заморожування гарнирної картоплі, складається з ізольованого 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.

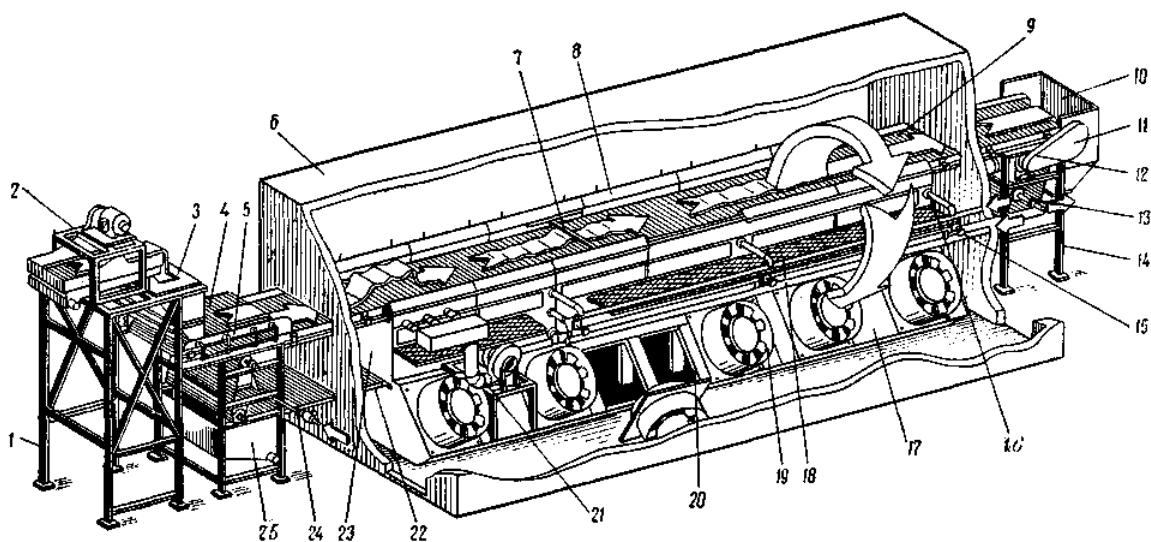


Рисунок 3.31 – Флюїдизаційний морозильний апарат із механічним приводом решіток: 1, 14 – підставка; 2 – вібраційна решітка; 3 – бункер-дозатор; 4 – решітка механізму рівномірного розподілу продукту; 5 – поворотний пристрій; 6 – ізолюваний контур; 7 – механізм рівномірного розподілу продукту; 8 – напрямні; 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 грати. 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. 3.32) складається з ізолюваного контуру, сітчастого транспортера, спеціальних вікон (шлюзів) для завантаження й розвантаження продуктів, відцентрових вентиляторів, гладкотрубною змійовиковою батареєю 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 упакування.

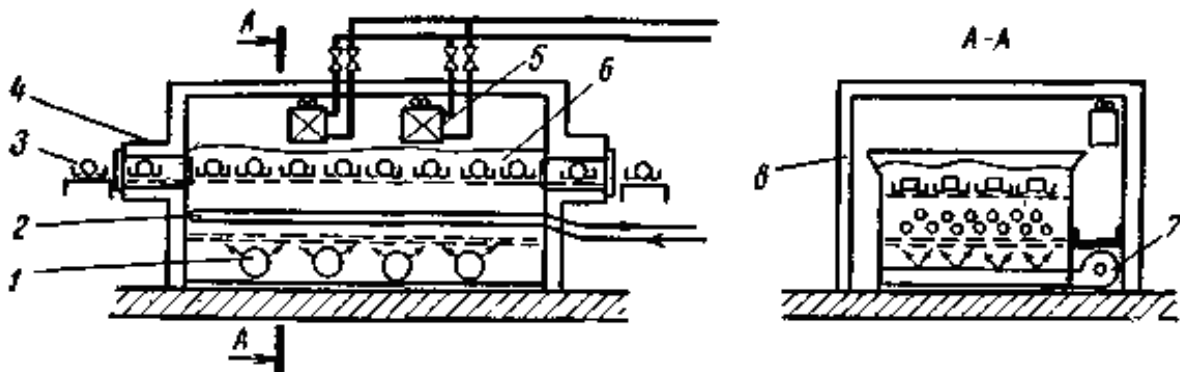


Рисунок 3.32 – Флюїдизаційний морозильний апарат із проміжним середовищем: 1 – перфорований повітровід; 2 – гладкотрубна змієвиковка батарея; 3 – транспортери; 4 – вікна; 5 – повітроохолоджувач; 6 – проміжне середовище; 7 – відцентровий вентилятор; 8 – ізований контур

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. 3.11.

Таблиця 3.11 – 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. 3.11

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, м ³ /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

3.3.4. Основи розрахунку флюїдизаційних апаратів

Розраховуючи флюїдизаційний морозильний апарат, якщо задани 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

$$w_{opt} = 2,25 + 1,95 \ell g G_{ed}, \quad (3.59)$$

де w_{opt} – 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

$$w'_{кр} < w_{opt} < w''_{кр}, \quad (3.60)$$

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

$$w'_{кр} = \frac{v_6}{d_3} \cdot \frac{Ar}{1400 + 5,22\sqrt{Ar}}, \quad (3.61)$$

де Ar – критерій Архімеда;

$$Ar = \frac{gd_3\rho_{np}}{v_6^2\rho_6}, \quad (39.62)$$

де g – прискорення вільного падіння, м/с²;

ρ – густина продукту, кг/м³;

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

$$w''_{кр} = \frac{v_6}{d_3} \cdot \frac{Ar}{18 + 0,6\sqrt{Ar}}. \quad (3.63)$$

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_{omm} .

Коефіцієнт тепловіддачі від поверхні продукту знаходять за формулою

$$\alpha = 0,62 \frac{\lambda}{d_3^{0,5}} \cdot \frac{w_{omm}^{0,5}}{v_6^{0,5}}. \quad (3.64)$$

Теплоприплив від продукту складе

$$Q_2 = G'q_3. \quad (3.65)$$

Площу ґрат можна знайти за формулою

$$F_p = \frac{Q_2}{w_{omm}\rho_6 c_6 \Delta t_6}, \quad (3.66)$$

де F_p – площа ґрат, м²;

Δt_6 – 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

$$F_p = L_p B_p, \quad (3.67)$$

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

$$G_{np} = F_p H_0 \rho_{np}, \quad (3.68)$$

де G_{np} – кількість продукту, завантаженого на ґрати апарата, кг.
Обсяг повітря, що рухається, складе

$$V_{\epsilon} = F_p w_{onm}. \quad (3.69)$$

Масу повітря, що рухається, розраховують за рівнянням

$$G_{\epsilon} = V_{\epsilon} \rho_{\epsilon}. \quad (3.70)$$

Тепло, що відводиться від продукту повітрям, знаходять за формулою

$$Q_{\epsilon} = G_{\epsilon} c_{\epsilon} \Delta t_{\epsilon}, \quad (3.71)$$

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

Під час розрахунку флюїдизаційного апарата повинна бути виконана рівність

$$Q_2 = Q_{\epsilon} = Q_{np}, \quad (3.72)$$

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

$$Q_{np} = \alpha F_{np} \Delta t_m, \quad (3.73)$$

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

$$F_{np} = \frac{6G_{np}}{\rho d_s}. \quad (3.74)$$

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_{ϵ} , 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

$$F'_{np} = \frac{Q_2}{\alpha \cdot \Delta t_m}, \quad (3.75)$$

де F'_{np} – площа поверхні продукту, що перебуває на ґратах, м²;
Кількість продукту, що перебуває на ґратах, кг

$$G'_{np} = \frac{F'_{np} \rho d_3}{6}. \quad (3.76)$$

Висоту шару продукту визначають за формулою

$$H'_0 = \frac{G'_{np}}{\rho_{np} F_p}, \quad (3.77)$$

де H'_0 – висота шару продукту, м.

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

$$t'_{e_2} = t_k + (t_{e_1} - t_k) e^{-n}, \quad (3.78)$$

де t'_{e_2} – дійсна температура повітря на виході із шару продукту, що заморожується, °С;

t_{e_1} – температура повітря, що входить у флюїдизаційний шар, °С;

$$n = \frac{\alpha_{np} F'_{np}}{G'_{np} c_{np}}, \quad (3.79)$$

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

Тривалість заморожування продуктів сферичної форми визначають із виразу

$$\tau = \frac{q_3 \rho_{np} d_3}{6(t_{sp} - t_c)} \left(\frac{d_3}{4\lambda_m} + \frac{1}{\alpha} \right), \quad (9.80)$$

де λ_m – теплопровідність замороженого продукту, Вт/(м·К).
Ємність апарата знаходиться за формулою (9.81)

$$G = G' \tau. \quad (3.81)$$

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

$$w_{onm.o} = \frac{Q_2}{F_e \rho_e c_e (t'_{e2} - t_{e1})}, \text{ м/с.} \quad (3.82)$$

Дійсний критерій Рейнольдса розраховують за рівнянням

$$Re = \frac{w_{onm.o} d_s}{\nu}. \quad (3.83)$$

Пористість флюїдизаційного шару знаходять із залежності

$$\varepsilon = \left(\frac{18 Re_d + 0,36 Re_d^2}{Ar} \right)^{0,21}. \quad (3.84)$$

Для характеристики флюїдизаційного шару необхідно знати його висоту

$$H_\phi = H_0 \frac{1 - \varepsilon_0}{1 - \varepsilon}, \quad (3.85)$$

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

$$\Delta p_{ca} = 1,67 \left(Re \frac{H}{d_s} \right)^{0,2} \frac{G'_{np}}{F_p}, \quad (3.86)$$

де Δp_{ca} – 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.

3.4. 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.

3.4.1. *Плиткові апарати* (рис. 3.33) 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 3.33 – 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. 3.34). 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.

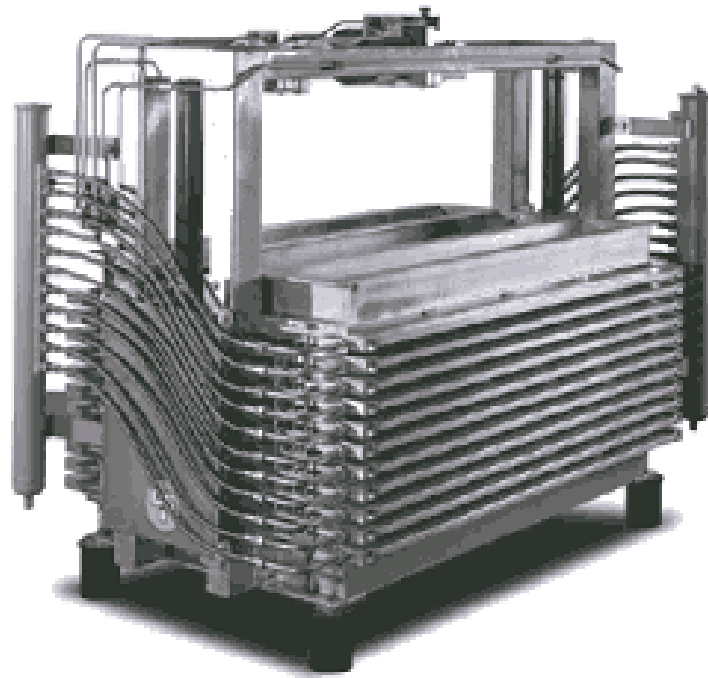


Рисунок 3.34 – Вид горизонтально-плиткового апарата без теплоізованого контуру

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) розміщають 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. 3.35) 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.

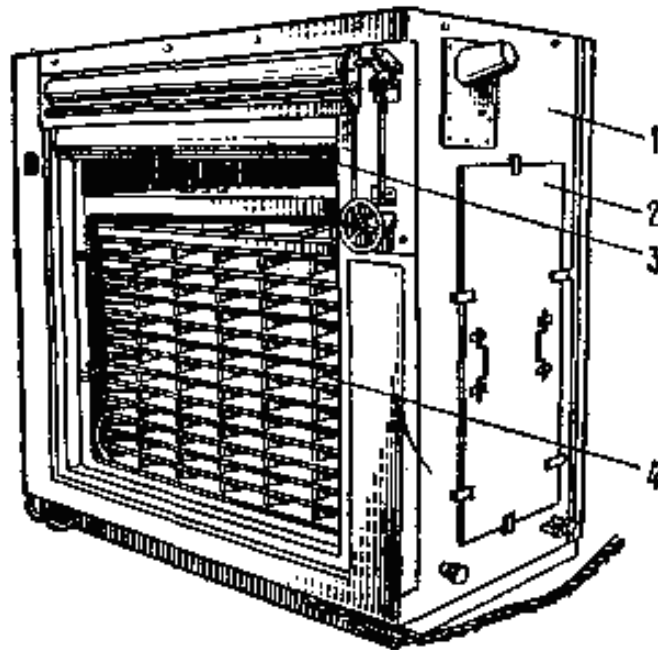


Рисунок 3.35 – Горизонтально-плитковий апарат із ручним завантаженням та вивантаженням продукту: 1 – ізолюваний контур; 2 – щити, які знімаються; 3 – двошарова штора; 4 – морозильна плита

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 сифонних металорукавів. До вертикального колектора апарата холодильний агент направляєтся з ресивера циркуляційним насосом.

Знімні щити призначені для огляду й ремонту окремих вузлів апарата (сифонних 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 привода 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 3.36.

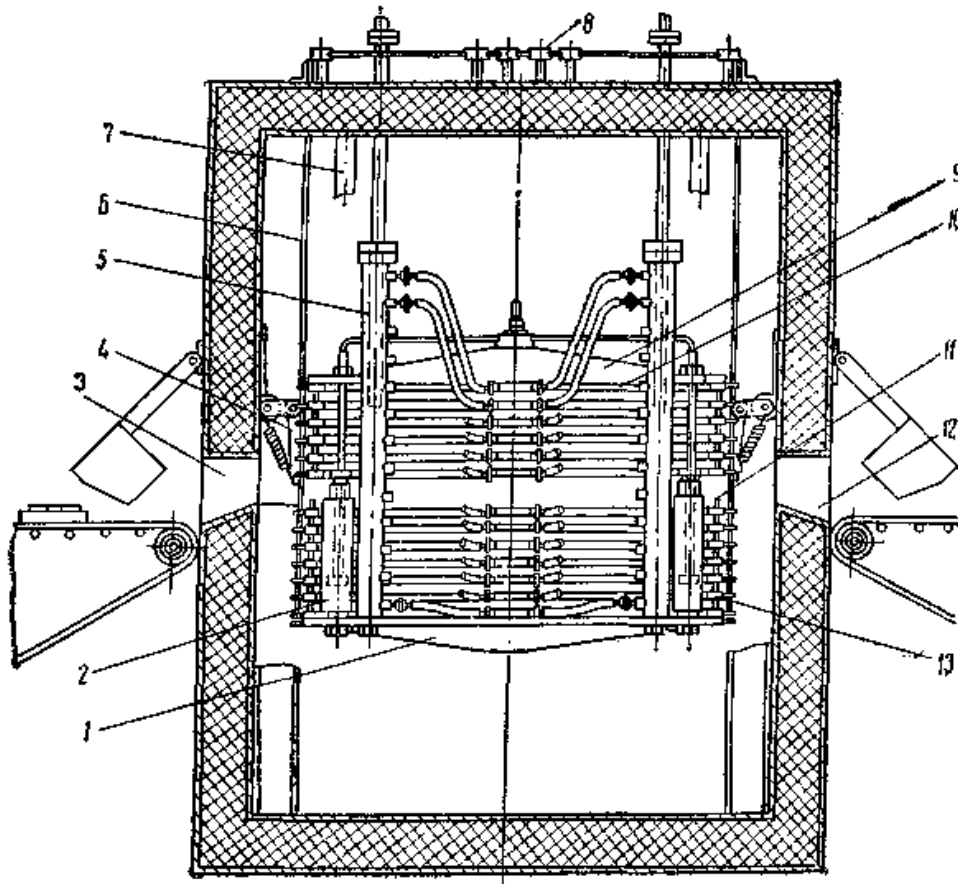


Рисунок 3.36 – Горизонтально-плитковий апарат із рухомими морозильними плитами: 1 – нижня площадка; 2 – гідравлічний циліндр; 3 – розвантажувальна щілина; 4 – гачок; 5 – рідинний манометр; 6 – трос; 7 – упор; 8 – пристрій для піднімання та опускання плит; 9 – верхня площадка; 10 – морозильна плита; 11 – 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 ізольованого 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 ізольованого контуру апарата.

Для завантаження апарата продуктом на рівні однієї з щілин в ізольованому 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. 3.37) складається з ізольованого контуру, гідравлічних циліндрів, транспортера завантаження, автоматичних дозуючих ваг, піднімального ліфта, автоматичного штовхальника.

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

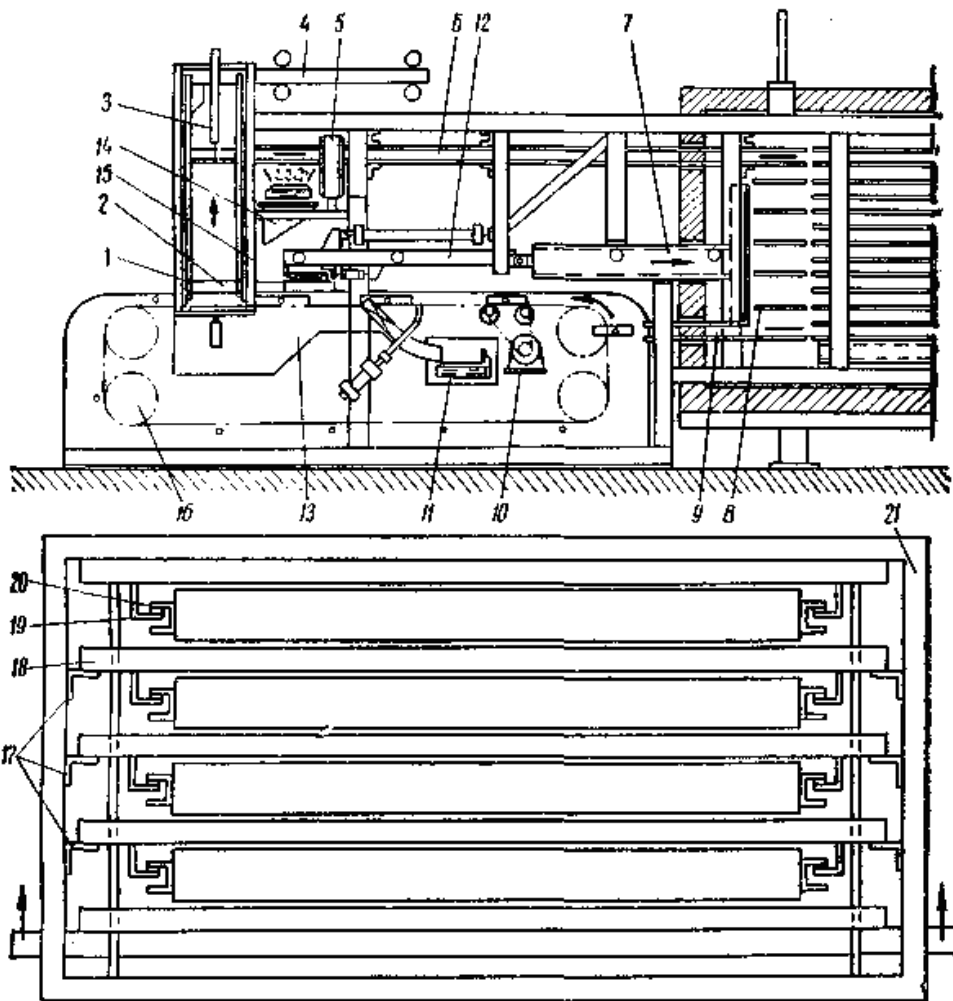


Рисунок 3.37 – Горизонтально-плитковий апарат із періодичним переміщенням блок-форм з продуктом: 1 – транспортер завантаження; 2 – блок-форма; 3 – підйомний ліфт; 4, 15 – автоматичні штовхачі; 5 – автоматичні ваги для дозування; 6 – осушувальні плити; 7 – штовхаючі пристрої; 8 – гідравлічні ліфти; 9 – 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 – ізольований 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 іншій 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. 3.38), складається з ізольованого контуру, морозильних плит, гідравлічних приводів, шлангів для подачі холодильного агента, мікровимикачів, автоматичних штовхальників, захвату й соленоїдних вентилів. Стінки ізольованого контуру морозильного апарата обшиті листами з нержавіючої сталі. В ізольованому контурі є дев'ять дверей із прокладками.

Упакований продукт транспортером переміщається до місця завантаження. Коли в місці завантаження нагромадяться 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 завантажують, а заморожені пакети виштовхуються з протилежної сторони.

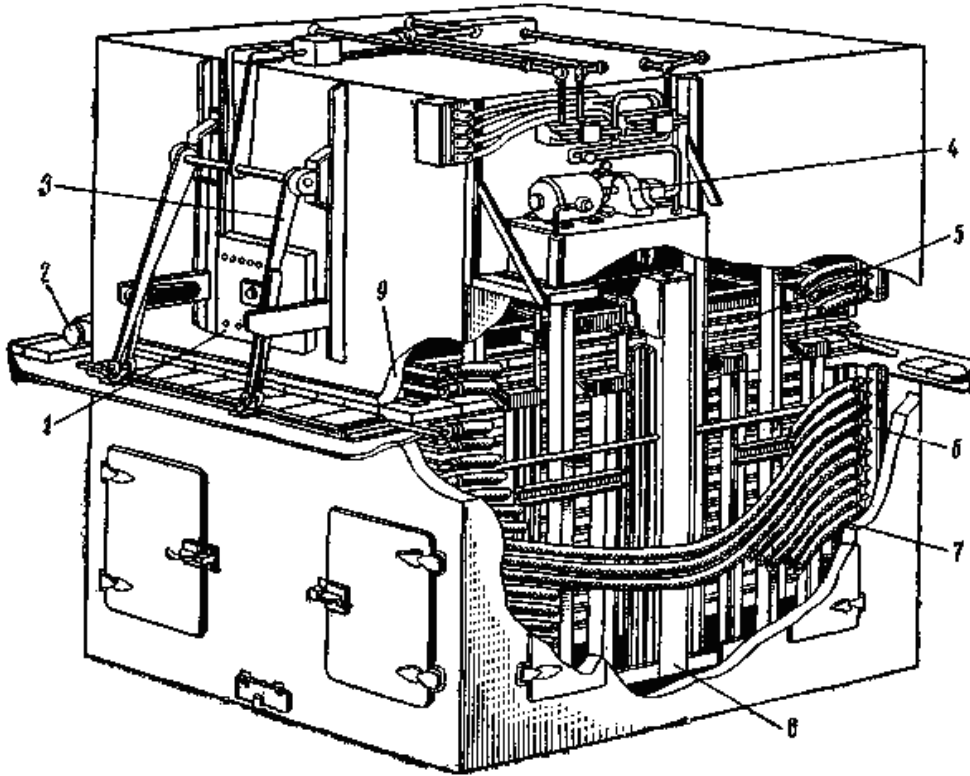


Рисунок 3.38 – Горизонтально-плитковий апарат стаціонарного типу з механізованим завантаженням та вивантаженням продукту: 1 – електронний регулювальний щит; 2 – чутливий елемент; 3 – автоматичний штовхач; 4 – гідравлічний насос; 5 – морозильні плити; 6 – колектор; 7 – шланги для подачі холодильного агента; 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 3.39.

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 заблокований із магнітним пускачем соленоїдний вентиль, установлений перед терморегулювальним вентилем, і подача холодильного агента в апарат автоматично припиняється.

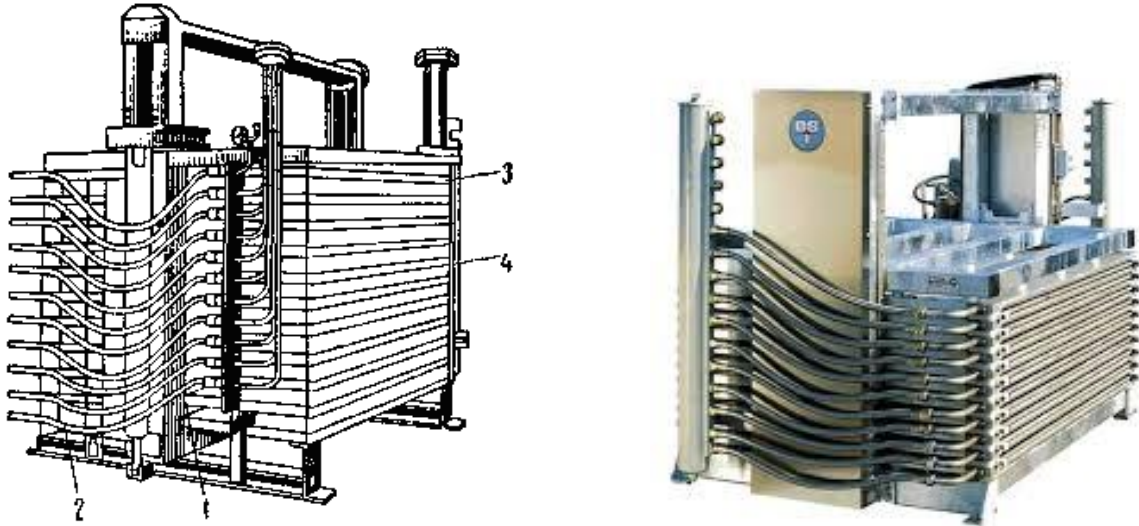


Рисунок 3.39 – Горизонтально-плитковий апарат із боковим розташуванням гідравлічних циліндрів: 1 – гідравлічний циліндр; 2 – гнучкий шланг для живлення; 3 – морозильна плита; 4 – рама

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. 3.12.

Таблиця 3.12 – 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. 3.40) складається з рами, вертикальних морозильних плит, їхнього привода, а також вузла розвантаження. Звичайно у вертикально-плиткових апаратів відсутній ізольований контур, що збільшує теплове навантаження на холодильне обладнання, що обслуговує такі апарати.



Рисунок 3.40 – 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. 3.41 зображено вертикальний-плитковий апарат (з бічним вивантаженням) в положенні для вивантаження.



Рисунок 3.41 – 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. 3.42. 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.

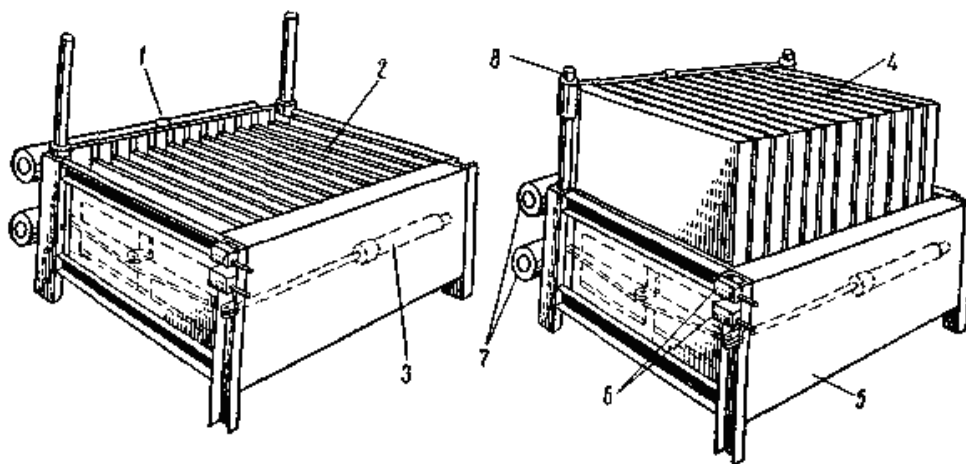


Рисунок 3.42 – Вертикально-плитковий апарат із рухомими плитами:
1 – стальна рама; 2 – вертикальні морозильні плити; 3 – гідравлічні циліндри;
4 – блоки, які заморожуються; 5 – бокові стінки; 6 – прибори управління гідравлічним приводом; 7 – колектори холодильного агента; 8 – вертикальні напрямні

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.

3.4.2. 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 3.43. Основними робочими елементами є радіально розташовані відносно вала триплиточні секції, у яких заморожується продукт, механізми відкриття секцій і повороту ротора, завантажувальний пристрій, механізми відтавання і зриву блоків, транспортер вивантаження блоків, кантувач і насосна станція.

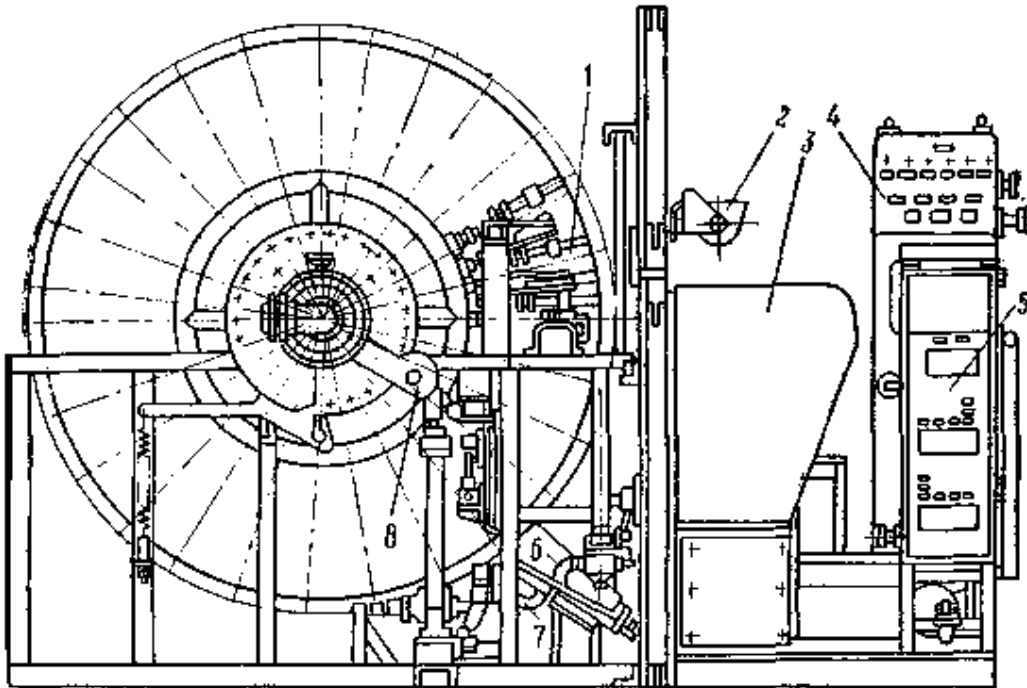


Рисунок 3.43 – Автоматизований роторний морозильний апарат типу АРСА-3-15Р: 1 – механізм відкриття морозильної секції; 2 – дозуючий пристрій; 3 – завантажувальний пристрій; 4 – прилади управління електричною системою (шафа); 5 – прилади управління гідравлічною системою (шафа); 6 – транспортер вивантаження блоків; 7 – механізм зривання блоків; 8 – механізм повороту блоків

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 кожну 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.

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 наверхнена 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, устанавлюючи 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...-65°C), дозволило

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 лотки з нержавіючої сталі та поліетиленові листи, (їх розміри дорівнюють розмірам морозильної чарунки). Перед завантаженням риби в апарат касети, висуваючи убік ротор, переміщують лотки й листи в простір між плитами. Штовхальники, що рухаються усередині касет, завантажують рибу в чарунки. Касети разом із лотком 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. 3.14.

Таблиця 3.14 – 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

1	2	3	4	5	6
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.

3.4.3. 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 холодильний агент чи холодоносій (через пустотілий вал зі спеціальним сальниковим ущільненням).

До складу морозильного апарата барабанного типу для заморожування дрібноштучних неупакованих продуктів (рис. 3.45) входять циліндричний барабан, що охолоджує, змійовик, завантажувальний транспортер, розвантажувальний пристрій. Барабан розташований у ізольованому контурі.

Зазор між барабаном і ізольованим контуром дорівнює 50 мм. Приводом барабана служить електродвигун потужністю 0,5 кВт, з'єднаний із варіатором швидкостей. У середині ізольованого 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 транспортері. Продукт подається на барабан і протягом деякого часу рухається, знаходячись між стрічкою завантажувального транспортера і поверхнею барабана. Транспортер злегка притискає продукт до поверхні барабана, і він примерзає до неї. Із барабана заморожений продукт видаляється ножем, а лопатеве колесо направляє його на розвантажувальний

конвеєр, що транспортує цей продукт для наступного глазурування й упакування в тару.

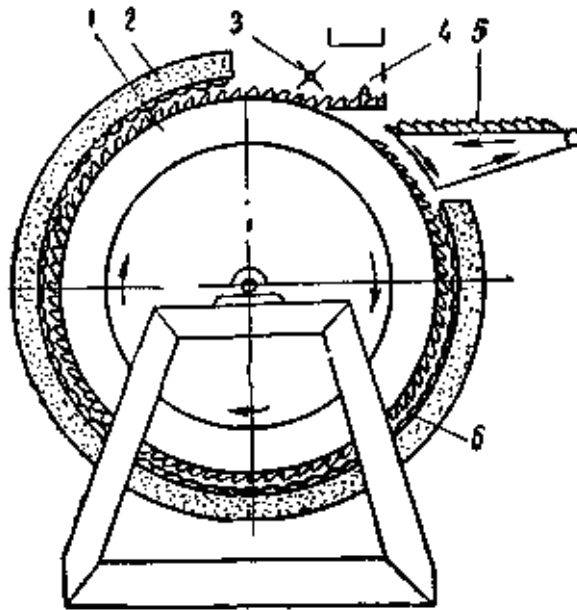


Рисунок 3.45 – Морозильний апарат барабанного типу для заморожування дрібноштучних неупакованих продуктів: 1 – циліндричний барабан; 2 – ізолюваний контур; 3 – лопатеве колесо; 4 – розвантажувальний конвеєр; 5 – завантажувальний транспортер; 6 – охолоджувальний змійовик

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. 3.46).

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 направляється потік холодного повітря. Охолодження повітря здійснюється змійовиковою 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 сталеві обичайки 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.

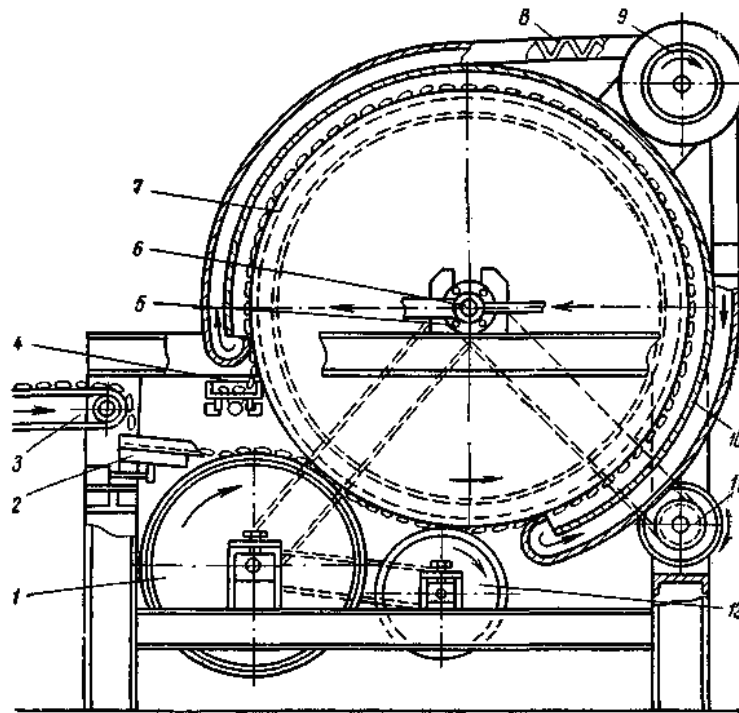


Рисунок 3.46 – Морозильний апарат барабанного типу для заморожування вологих продуктів неправильної форми: 1 – живильний барабан; 2, 4 – вібрототики; 3 – вхідний конвеєр; 5 – підшипники; 6 – вал; 7 – заморожувальний барабан; 8 – повітроохолоджувач; 9 – вентилятор; 10 – кожух; 11 – електродвигун; 12 – прижимний барабан

Вхідним конвеєром продукт надходить на вібрототик, 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 ($-55...-65^{\circ}\text{C}$), 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 $-40...-45^{\circ}\text{C}$.

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. 3.15.

Таблиця 3.15 – 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, °С	-35	-55...-65
Кінцева температура продукту, який заморожується, °С	-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

3.4.4. 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 (3.87)

$$V_{\text{бл}} = l_{\text{бл}} d_{\text{бл}} \delta_{\text{бл}} \quad (3.87)$$

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 (3.88)

$$g_1 = V_{\delta_1} \rho. \quad (3.88)$$

Тривалість заморожування блока розраховують за формулою Планка

$$\tau_1 = \frac{q'_3 \rho}{(t_{кр} - t_c)} \cdot \delta_{\delta_1} \left[R \cdot \frac{\delta_{\delta_1}}{\lambda} + P \left(\frac{1}{\alpha} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} \right) \right], \quad (3.89)$$

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 (3.89), залежно від його виду можна знайти з рівняння виду

$$\alpha = f(q_{cp}), \quad (3.90)$$

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

$$q_{cp} = \frac{Q_{\delta_1}}{2F_{\delta_1} \tau}, \quad (3.91)$$

де $Q_{\delta_1} = q_3 g_1$ – кількість тепла, яке відводиться від блока за його заморожування в апараті, Дж;

$F_{\delta_1} = l \cdot B$ – площа стикання блока з морозильною плитою апарата, м².

У рівняння (3.89) входить невідоме значення тривалості заморожування блока, що залежить від коефіцієнта тепловіддачі. Задаючи тривалість заморожування блока, обчислюють за рівнянням (3.91) 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 (3.89), 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 криоскопічної температури в центрі і доморожування блока до кінцевої температури в центрі

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

$$\tau_1 = \frac{(\delta/2)^2 q'_3 \rho}{2\lambda_o(t_{кр} - t_n)} \left[1 - \frac{\lambda_3(t_n - t_c)}{2\lambda_o(t_{кр} - t_n)} \ln \left(1 + \frac{2\lambda_o(t_{кр} - t_n)}{\lambda_3(t_{кр} - t_c)} \right) \right], \quad (3.92)$$

де q'_3 – кількість тепла, що відводиться від продукту під час його заморожування від початкової температури (t_n) до криоскопічної ($t_{кр}$), 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), °С

$$\tau_2 = \frac{F_o(\delta/2)^2}{a_m}, \quad (3.93)$$

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

Величина критерію F_o залежить від безрозмірної температури Θ (рис. 3.47), значення якої визначається за формулою

$$\Theta = \frac{t_k - t_c}{t_{кр} - t_c}. \quad (3.94)$$

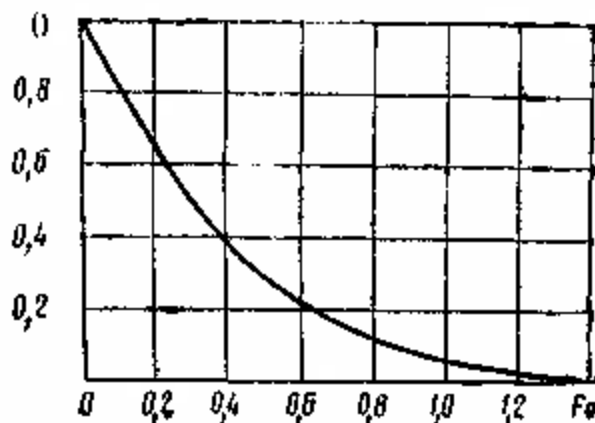


Рисунок 3.47 – Графік залежності безрозмірної температури Θ від критерію F_o

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

$$\tau_0 = \tau / \varphi_0, \quad (3.95)$$

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

$$n_c = \tau_3 / \tau_4, \quad (3.96)$$

де τ_c – тривалість роботи апарата протягом доби, год ($\tau=22$ год);
 τ_4 – тривалість циклу роботи апарата з урахуванням часу завантаження й вивантаження заморожених блоків, год.

Тривалість циклу роботи апарата знаходять за формулою, приймаючи $\tau_{з.в} = 0,25...0,33$ год:

$$\tau_4 = \tau + \tau_{з.в}, \quad (3.97)$$

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

Ємність апарата визначають за рівнянням

$$G = G' / n_c. \quad (3.98)$$

Кількість блоків у апараті розраховують за формулою (3.99)

$$z_0 = \frac{G}{g_1}, \quad (3.99)$$

де z_0 – кількість блоків в апараті, шт.
Тоді кількість морозильних плит в апараті

$$n_n = (z_{0л} / z_n) + 1, \quad (3.100)$$

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

Теплове навантаження визначають за рівнянням

$$Q_o = Q_1 + Q_2 + Q_{п}, \quad (3.101)$$

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

$$Q_n = \frac{G_n c_n n_n (t_l - t_c)}{\tau_d}, \quad (3.102)$$

де G_n – маса однієї плити, кг;
 c_n – питома теплоємність матеріалу плит, Дж/(кг·К);
 t_l – 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

$$V_{uc} = V_n + V_k + V_{ш}, \quad (3.103)$$

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

$$V_n = k \cdot b_k \cdot h_k \cdot l_k \cdot n_n, \quad (3.104)$$

де k – кількість каналів у плиті, шт.,
 b_k, h_k, l_k – ширина, висота, довжина каналу плити, м.
Ємність колекторів розраховують за формулою

$$V_k = \frac{\pi}{4} l_{кл} (d_1^2 + d_2^2), \quad (3.105)$$

де $l_{кл}$ – довжина колектора, м;
 d_1, d_2 – внутрішній діаметр рідинного й парового колекторів, м.
Ємність гнучких шлангів знаходять за рівнянням

$$V_{ш} = \frac{\pi}{4} (d'_{ш} + d''_{ш}) n_{ш} l_{ш}, \quad (3.106)$$

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

$$G'_a = G_a n', \quad (3.107)$$

де G'_a, G_a – кількість рідкого холодильного агента, що циркулює й випарується в морозильних плитах апарата, кг/с

$$G_a = Q_d / r_a, \quad (3.108)$$

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

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4 + \Delta P_5 + \Delta P_6 + \Delta P_7, \quad (3.109)$$

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 плитку, Па.

Гідравлічний опір каналів морозильних плит визначають за рівнянням

$$\Delta P_1 = 78,5 \lambda_{mp} \frac{v'' - v'}{r_a^2} \left(\frac{L_n'}{d_s} \right)^3 q^2 n' \left(1 + \frac{v'}{v'' - v'} 2n' \right), \quad (3.110)$$

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;

$$L_n' = l_k \cdot \kappa', \quad (3.111)$$

де κ' – кількість каналів в одному паралельному ряді, шт.;

$$\kappa' = \frac{\kappa}{\Pi}, \quad (3.112)$$

де Π – кількість паралельних рядів у плиті, шт.;

$$d_s = \frac{4bh}{2(b+h)}, \quad (3.113)$$

$$q = \frac{G_a \cdot r_a}{L_n \cdot B_n \cdot n_n}, \quad (3.114)$$

де L_n, B_n – довжина та ширина морозильних плит, м.

Гідравлічний опір поворотів у морозильних плитах розраховують за формулою

$$\Delta P_2 = \xi_n \cdot n \frac{\omega_n^2}{2} \cdot \frac{1}{v_{cp}}, \quad (3.115)$$

де ω_n – швидкість руху парорідинної суміші в каналах морозильних плит, м/с;

$$\omega_n = \frac{G_a' \cdot v_{cp}}{\Pi \cdot b \cdot h \cdot n_n}, \quad (3.116)$$

де v_{cp} – середній питомий об'єм холодильного агента в плиті, м³/кг;

$$v_{cp} = \left(1 + \frac{1}{n'}\right)v' + \frac{1}{n'}v''. \quad (3.117)$$

Гідравлічний опір гнучкого шланга, яким парорідинна суміш відводиться від морозильної плити, визначають за рівнянням

$$\Delta P_3 = \left(\lambda_{mp} \frac{l_{ш}}{d_{ш}} + \sum \xi_{ш}\right) \frac{(\omega_{ш}'')^2}{2v_{cp}}, \quad (3.118)$$

де $\sum \xi_{ш}$ – місцеві опори гнучкого шланга;

$$\sum \xi_{ш} = \xi_1 + \xi_2 + \xi_3, \quad (3.119)$$

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;

$$\omega_{ш}'' = \frac{4G_a' \cdot v_{cp}}{\pi (d_{ш}')^2 \cdot n_n}. \quad (3.120)$$

Гідравлічний опір парового колектора знаходять за формулою

$$\Delta P_4 = \left(\lambda_{mp} \frac{l}{d_2} + \xi_k\right) \frac{(\omega_k'')^2}{2v_{cp}}, \quad (3.121)$$

де ξ_k – коефіцієнт місцевого опору повороту холодильного агента в колекторі;

ω_k'' – середня швидкість руху парорідинної суміші в паровому колекторі, м/с;

$$\omega_{\kappa}'' = \frac{4G_a' \cdot v_{cp}}{2\pi \cdot d_2^2}. \quad (3.122)$$

Гідрравлічний опір рідинного колектора розраховують за рівнянням

$$\Delta P_5 = \left(\lambda_{mp} \frac{1}{d_1} + \xi_{\kappa} \right) \frac{(\omega_{\kappa}'')^2}{2v'}, \quad (3.123)$$

де ω_{κ}' – середня швидкість руху рідкого холодильного агента в рідинному колекторі, м/с;

$$\omega_{\kappa}' = \frac{4G_a' \cdot v'}{2\pi \cdot d_1^2}. \quad (3.124)$$

Гідрравлічний опір гнучкого шлангу, яким рідина подається до морозильної плити, визначають із залежності

$$\Delta P_6 = \left(\lambda_{mp} \frac{1}{d_u'} + \xi_u \right) \frac{(\omega_u')^2}{2v'}, \quad (3.125)$$

де ω_u' – швидкість руху рідкого холодильного агента в гнучкому шлангу, яким рідина подається до морозильної плити, м/с;

$$\omega_u' = \frac{4G_a' \cdot v'}{2\pi \cdot (d_u')^2}. \quad (3.126)$$

Гідрравлічний опір дросельної шайби, яка встановлена на вході холодильного агента в морозильну плиту, звичайно задаються ($\Delta P_7=15...20$ кПа).

Діаметр дросельної шайби знаходять за формулою

$$d_u = \sqrt{\frac{4G_a'}{n_n \cdot \mu_0 \cdot f \sqrt{\frac{2\Delta P_7}{v'}}}}, \quad (3.127)$$

де d_u – діаметр дросельної шайби, яка встановлена на вході холодильного агента в морозильну плиту, м;

μ_0 – коефіцієнт витрати.

Продуктивність циркуляційного насоса розраховують за рівнянням

$$V_{ц.н} = G_a' \cdot v', \quad (3.128)$$

де $V_{ц.н}'$ – продуктивність циркуляційного насоса, м³/с.

Падіння тиску у випарній системі морозильного апарата визначають за формулою

$$\Delta P_n = (\Delta P + \frac{H}{v'} 9,8) a_{0,n}, \quad (3.129)$$

де ΔP_n – падіння тиску у випарній системі, Па;

H – висота підйому рідкого холодильного агента до морозильних плит апарата, м.

Залежно від $V_{u,n}'$ 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

$$\alpha = \frac{Nu_f \cdot \lambda_s}{d_s}, \quad (3.130)$$

де Nu_f – критерій Нуссельта;

$$Nu_f = 0,15 Re_f^{0,33} \cdot Pr_f^{0,43} \cdot Gr_f^{0,1}, \quad (3.131)$$

де Re_f – критерій Рейнольдса;

$$Re_f = \frac{\omega_s \cdot d_s}{\nu_s}, \quad (3.132)$$

де ω_s – швидкість руху холодоносія в пустотілій морозильній плиті, м/с;

$$\omega_s = \frac{\omega_u \frac{\pi \cdot d_u^2}{4}}{\delta_n \cdot B_n}, \quad (3.133)$$

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;

$$d_s = \frac{4\delta_n \cdot B_n}{2(\delta_n + B_n)}, \quad (3.134)$$

де ν_s – кінематична в'язкість холодоносія, м²/с;

Pr_f – критерій Прандля;

$$Pr_f = \frac{V_s}{a_s}, \quad (3.135)$$

де a_s – температуропровідність холодоносія, м²/с;
 Gr_f – критерій Грасгофа;

$$Gr_f = \frac{g \cdot d_s^3 \cdot \beta_s \cdot \Delta t_{s0}}{\nu_s^2}, \quad (3.136)$$

де β_s – коефіцієнт об'ємного розширення холодоносія, 1/К;
 Δt_{s0} – оптимальний нагрів у пустотілій морозильній плиті, °С
 ($\Delta t_{s0} = 1 \dots 3$ °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

$$G_s = \frac{\pi \cdot d_w^2}{4} \omega_w \cdot \rho_s \cdot n_n, \quad (3.137)$$

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

$$V_s = \frac{G_s}{\rho_s}, \quad (3.138)$$

де V_s – об'єм холодоносія, який циркулює в пустотілих плитах апарата, м³/с.
 Температуру нагрівання холодоносія в полії морозильній плиті визначають за виразом

$$\Delta t_s = \frac{Q_0}{G_s \cdot c_s}, \quad (3.139)$$

де Δt_s – температура нагрівання холодоносія в пустотілій морозильній плиті апарата, °С;
 c_s – питома теплоємність холодоносія, Дж/(кг·К).

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

$$\omega_{uo} = \omega_n \frac{4F_n'}{\pi \cdot d_{uo}^2}, \quad (3.140)$$

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;

$$F_n' = \delta_n \cdot B_n', \quad (3.141)$$

B_n' – відстань між перегородками в морозильній плиті, м.

Кількість холодоносія, який циркулює в морозильних плитах, визначають за рівнянням

$$G_{so} = \frac{\pi \cdot d_{uo}^2}{4} \omega_{uo} \cdot \rho_s \cdot n_n, \quad (3.142)$$

де G_{so} – кількість холодоносія, який циркулює в морозильних плитах, кг/с.

Об'єм холодоносія, який циркулює в морозильних плитах, розраховують за формулою

$$V_{so} = \frac{G_{so}}{\rho_s}, \quad (3.143)$$

де V_{so} – об'єм холодоносія, який циркулює в морозильних плитах, м³/с.

Фактичне нагрівання холодоносія в морозильній плиті апарата складе

$$\Delta t_{so} = \frac{Q_0}{G_{so} \cdot c_s}. \quad (3.144)$$

Гідралічний опір охолоджуючої системи апарата визначають за рівнянням

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3. \quad (3.145)$$

Гідравлічний опір морозильних плит розраховують за рівнянням

$$\Delta P_1 = \left(\lambda_{mp} \frac{L}{d_3'} + n_{нов} \cdot \xi_n \right) \frac{\omega_n^2}{2} \rho_s, \quad (3.146)$$

де d_3' – еквівалентний діаметр каналу морозильної плити, м;

$$d_3' = \frac{4B_n' \cdot \delta_n}{2(B_n + \delta_n)}, \quad (3.147)$$

$n_{нов}$ – кількість поворотів холодоносія в плиті.

Гідравлічний опір гнучких шлангів, які підводять холодоносій до морозильної плити та відводять його від неї, знаходять із залежності

$$\Delta P_2 = 2 \left(\lambda_{mp} \frac{l_u}{d_u^2} + \sum \xi_{uu} \right) \frac{\omega_{uo}^2}{2} \rho_s. \quad (3.148)$$

Гідравлічний опір подавального та зворотного колекторів холодоносія визначають за рівнянням

$$\Delta P_3 = 2 \left(\lambda_{mp} \frac{l_k}{d_k} + \xi_k \right) \frac{\omega_k^2}{2} \rho_s, \quad (3.149)$$

де d_k – внутрішній діаметр колекторів, м;

ω_k – швидкість руху холодоносія в колекторах, м/с;

$$\omega_k = \omega_n \frac{4V_{so}}{\pi \cdot d_k^2}. \quad (3.150)$$

Падіння тиску в охолоджувальній системі розраховують за формулою

$$\Delta P_n = \Delta P \cdot \varphi_0. \quad (3.151)$$

У залежності від V_{so} та ΔP_n проводиться підбір насосу для циркуляції холодоносія в морозильних плитах апарата.

3.4.5. 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 холодоносії.

Апарат для заморожування упакованих продуктів рідким холодоносієм, який використовується для холодильної обробки тушок птиці (рис. 3.48), 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, вольованого 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 холодоносії, 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.

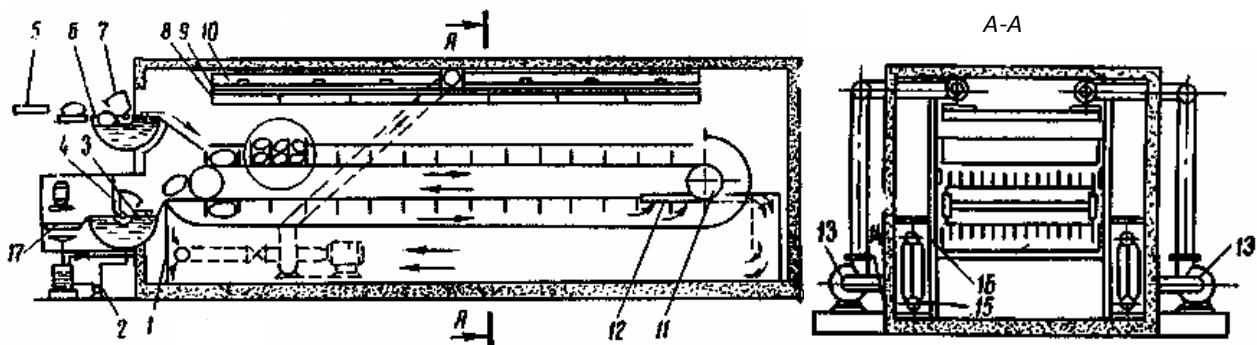


Рисунок 3.48 – Апарат для заморожування упакованих продуктів у рідкому холодоносії: 1 – охолоджуюча ванна; 2 – насос для підтримання рівня в завантажувальному гідравлічному затворі; 3 – розвантажувальний гідравлічний затвор; 4 – виштовхувач; 5 – транспортер для подавання тушок птиці до завантажувального 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 – ізольований 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°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 м², а разом із поверхнею виштовхувача й поверхнею крапель холодоносія вона складає не більше 1,5 м², 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. 3.16.

Таблиця 3.16 – 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

1	2
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. 3.49) складається з конвеєра, стрічка якого виконана з нержавіючої сталі, зрошувальних трубопроводів із форсунками, піддона, натяжного пристрою й ізованого контуру.

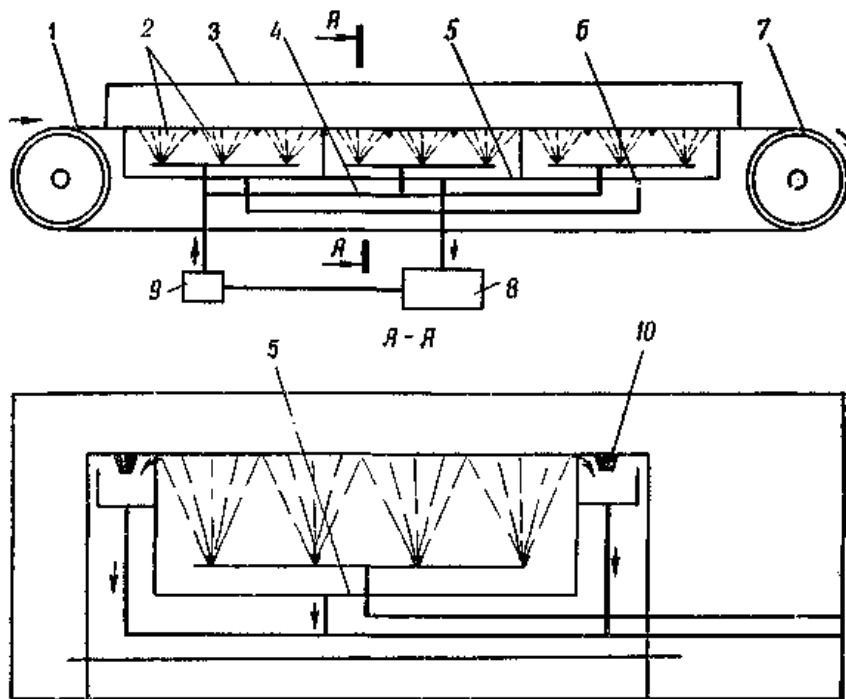


Рисунок 3.49 – Апарат для заморожування готових блюд на сталевій стрічці, яка зрошується холодоносієм: 1 – конвеєр; 2 – зрошувальні трубопроводи з форсунками; 3 – ізований контур; 4 – трубопровід подачі холодоносія; 5 – піддон; 6 – трубопровід відведення опленого холодоносія до випарника; 7 – барабан; 8 – випарник; 9 – насос; 10 – бокові резинові напрямні

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.

Отеплений у вантажному відсіку холодоносії 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 ізольованого контуру, нагрівається, зрошується водою і підсушується, а потім на неї знову укладається продукт.

Вантажний відсік збирається з ізольованих 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. 3.50), складається з завантажувального транспортера, сталевій стрічки з натяжною і приводною станціями, пристроїв, що охолоджують і перевертають, прийомного лотка, електродвигуна з варіатором швидкостей і ізольованого 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 стрічки.

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 стрічки, і вигнутого спускного лотка. Продукти підморозжуються з однієї сторони, потім похилим ножом і шкребками перевертаються та скидаються на спускний лоток. Перевернений продукт доморожується і прийомним лотком направляється на стіл фасування й упакування.

Для охолодження сталевій стрічки 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.

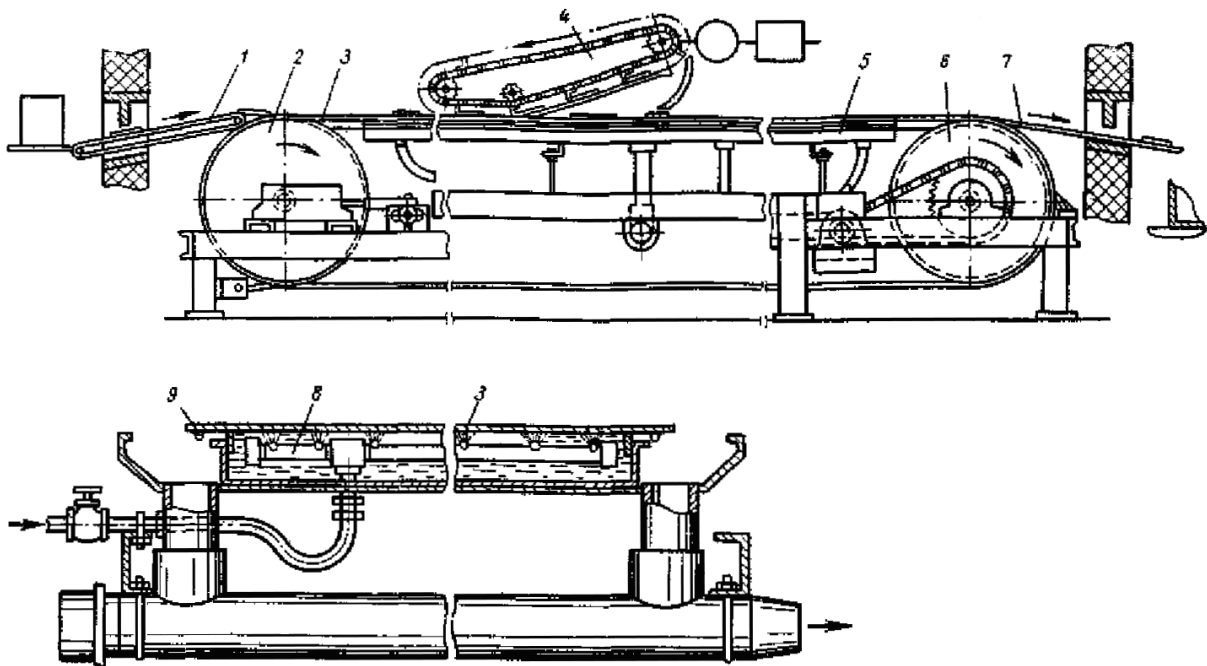


Рисунок 3.50 – Апарат для заморожування кускових продуктів на сталій стрічці, яка зрошується холодоносієм: 1 – завантажувальний конвеєр; 2 – натяжна станція; 3 – сталеві стрічка; 4 – перекидальний пристрій; 5 – охолоджувальний пристрій; 6 – привідна станція; 7 – приймальний лоток; 8 – перфорована труба; 9 – гумовий бортик

Апарат для заморожування рідких чи напіврідких продуктів (соки, пюре, бульйони) на сталевій стрічці, зрошуваній рідким холодоносієм (рис. 3.51), складається з вузлів завантаження й вивантаження, сталеві конвеєрної стрічки з жолобами, зрошувальних трубопроводів із форсунками, піддона, випарника, насоса для подачі холодоносія, барабанів конвеєра, його привода, пульта керування та ізолюваного контуру.

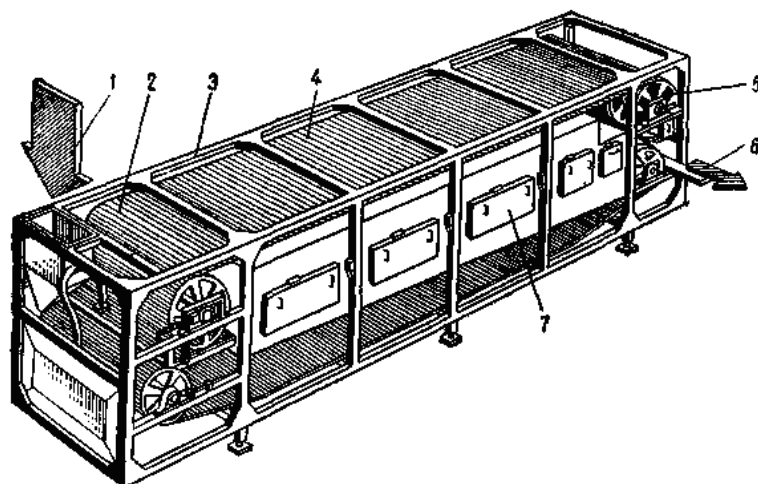


Рисунок 3.51 – Апарат для заморожування рідких та напіврідких продуктів на сталевій стрічці, яка зрошується холодоносієм: 1 – вузол завантаження продукту; 2 – сталеві конвеєрні стрічка з жолобами; 3 – рама апарата; 4 – ізолюваний контур; 5 – барабан конвеєра; 6 – вузол вивантаження заморожених продуктів; 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 стрічки. 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. Отеплений 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 ізольованим контуром апарата, нагрівається, а потім проходить санітарну обробку та знову завантажується продуктом.

Прилади автоматичного контролю й керування розташовуються на пульті, змонтованому поруч із ізольованим контуром апарата.

Ізольований корпус апарата збирається з панелей, ізольованих 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. 3.17.

Таблиця 3.17 – 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

1	2	3	4
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. 3.52), складається зі звареної рами, приводних і натяжних зірочок, приводного пристрою, вантажного (робочого) конвеєра з формами, ванни з холодоносієм, наповнювача, розвантажувального конвеєра й миючого пристрою.

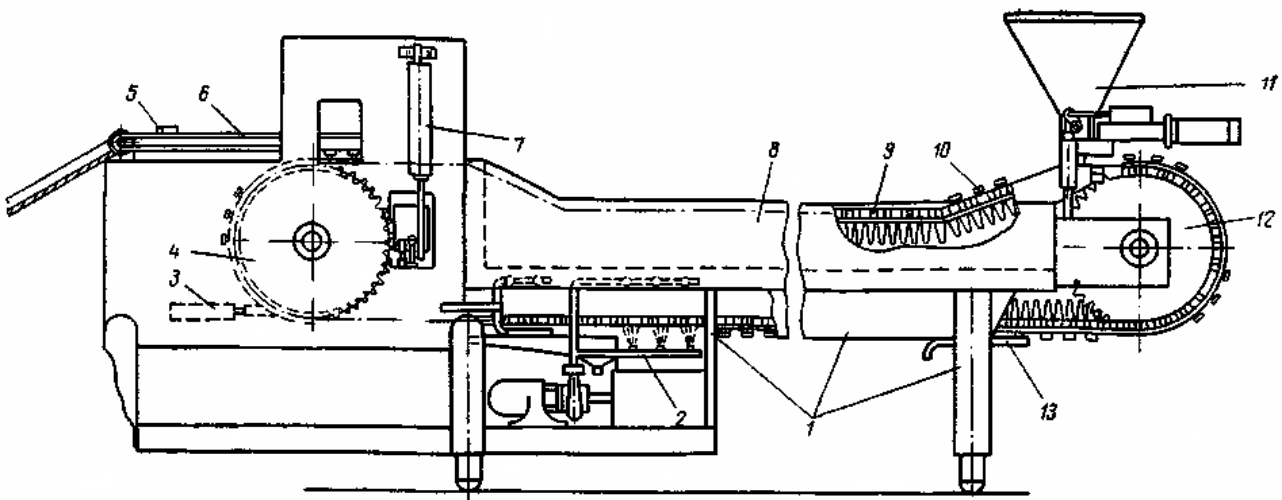


Рисунок 3.52 – Апарат для заморожування рідких та напіврідких харчових продуктів у формах, які занурюються у ванну з холодоносієм: 1 – рама апарата; 2 – миючий пристрій; 3 – приводний пристрій; 4 – приводні зірочки; 5 – блок, який заморожується; 6 – розвантажувальний конвеєр; 7 – підйомник ванни відтаювача; 8 – ванна з холодоносієм; 9 – вантажний (робочий) конвеєр із формами; 10 – виймач; 11 – наповнювач; 12 – натяжні зірочки; 13 – стерилізатор

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.

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 паром 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. 3.18.

Таблиця 3.18 – Характеристика апарата для заморожування продуктів

Параметр	Значення
Продуктивність, кг/год	300
Ємність, кг	60...75
Тривалість заморожування, хвилин	10...15
Температура, °С	
Середовища, яке відводить тепло	-40
замороженого продукту	-20
Габаритні розміри, мм	
довжина	7600
ширина	2100
висота	3000
Маса, кг	3650

3.5. 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.

3.5.1. 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 імерсійні (занурення продуктів у ванну з рідким азотом), а також на апарати з розпиленням рідкого агента у вантажному відсіку.

Імерсійні апарати складаються з ізольованої ванни, у якій знаходиться рідкий азот, і конвеєра для переміщення продукту.

Під час занурення теплого 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. 3.53) складається з вантажного конвеєра, ванни з рідким азотом, витяжних трубопроводів, завантажувального і розвантажувального столів, ізольованого контуру, виконаного з нержавіючої сталі та теплоізоляційного матеріалу.

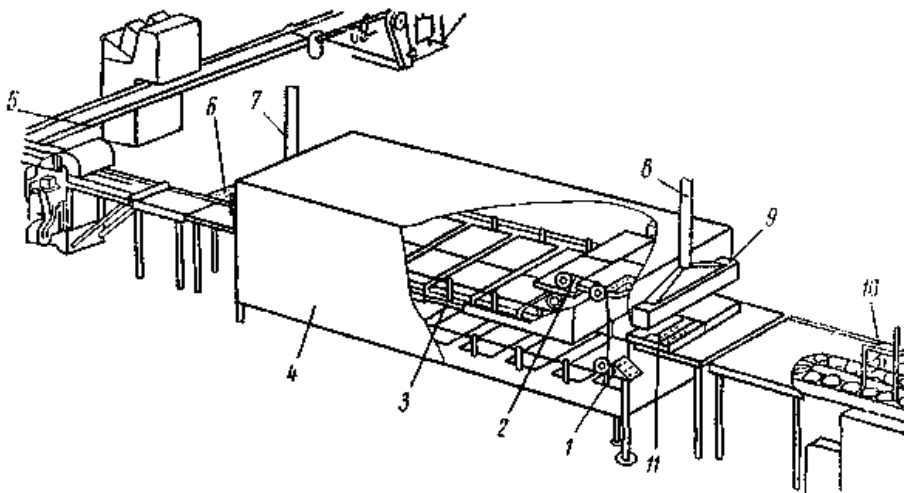


Рисунок 3.53 – Імерсійний апарат для заморожування розфасованих харчових продуктів: 1 – пульт управління; 2 – вантажний конвеєр; 3 – ванна з рідким азотом; 4 – ізольований контур; 5 – лінія упакування заморожених продуктів; 6 – розвантажувальний стіл; 7, 8 – витяжні трубопроводи; 9 – приймальний колектор; 10 – фасувальний апарат; 11 – завантажувальний стіл

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.

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. 3.54), 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).

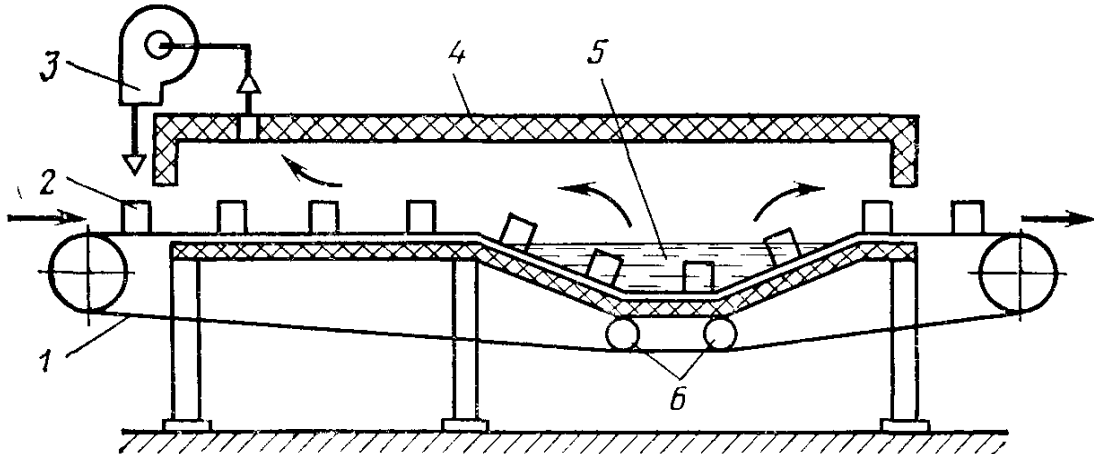


Рисунок 3.54 – Азотний апарат із двома зонами заморожування: 1 – конвеєр; 2 – продукт; 3 – вентилятор; 4 – теплоізоляційна огорожа; 5 – ємність із рідким азотом; 6 – ролики конвеєра, що направляють

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.

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 вхідному 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 попеременно: один витяжний вентилятор працює, а інший обігривається 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. 3.55). 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 ізолюваного контуру.

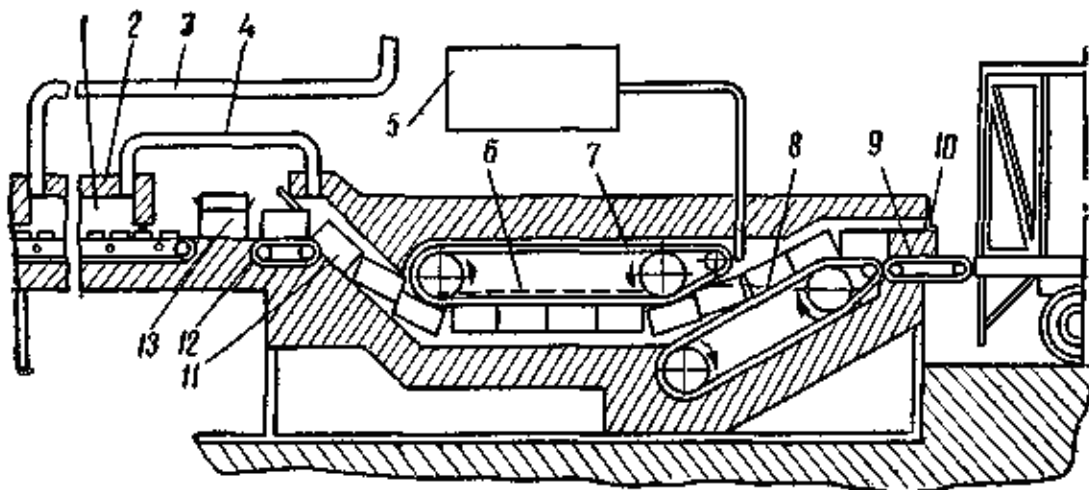


Рисунок 3.55 – Імерсійний апарат для заморожування упакованих продуктів: 1 – камера попереднього охолодження продуктів у пакувальному апараті; 2 – пакувальний апарат; 3 – витяжний трубопровід; 4 – витяжний трубопровід для подачі газоподібного азоту з вантажного відсіку в пакувальний апарат; 5 – бак рідкого 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. 3.19.

Таблиця 3.19 – 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

1	2	3	4
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 криогенного заморожування харчових продуктів найбільше поширені апарати, у вантажному відсіку яких розпилюється рідкий азот. Він може безпосередньо розпорощуватися 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 криогенної 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.

Криогенний апарат із розпиленням рідкого азоту і горизонтальним розташуванням конвеєра, призначений для заморожування неупакованих дрібноштучних продуктів (рис. 3.56), 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.

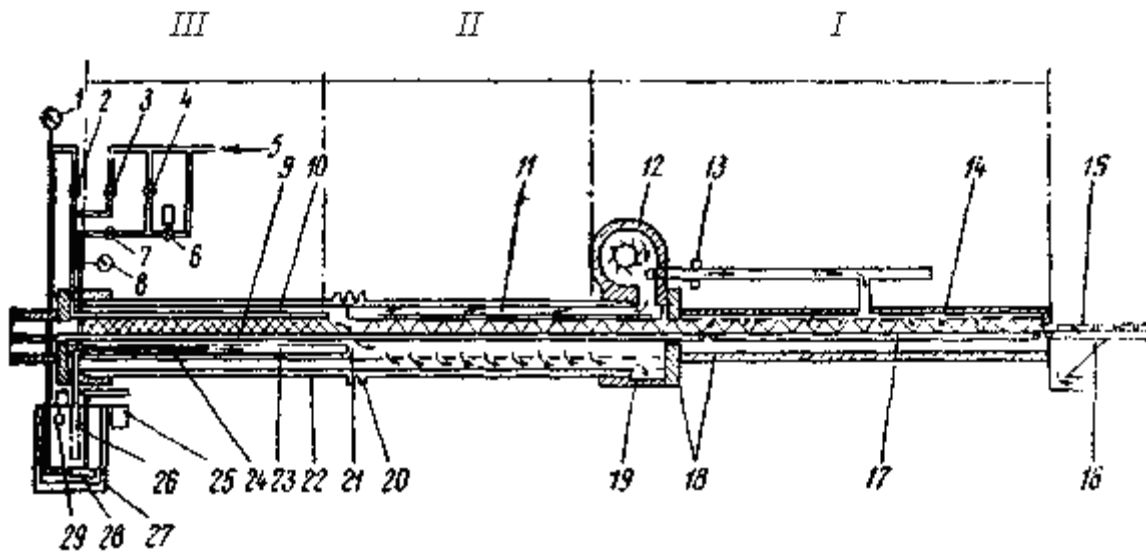


Рисунок 3. 56 – Кріогенний апарат із розпиленням рідкого азоту у вантажному відсіку та горизонтальним розташуванням конвеєра, призначений для заморожування неупакованих дрібноштучних продуктів: 1, 8 – контрольний манометр; 2, 3 – запірний вентиль; 4, 6 – соленоїдний вентиль; трубопровід подачі азоту 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 – живлячий резервуар; 28 – насос; 29 – поплавковий регулятор; I – зона попереднього охолодження; II – зона зрошення; III – зона вирівнювання температур

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 ізолюваного контуру для миття та чищення.

Колектор із форсунками розташований біля розвантажувального вікна апарата. Циркуляційний вентилятор для руху газоподібного азоту знаходиться на зовнішній стороні ізолюваного 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.

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 ізолюваним 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. 3.57) складається з ізолюваного контуру, металевої рами, вантажного конвеєра, колекторів із форсунками, циркуляційних вентиляторів для подовжнього 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 регулювальними 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 вентиляторами для подовжнього 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.

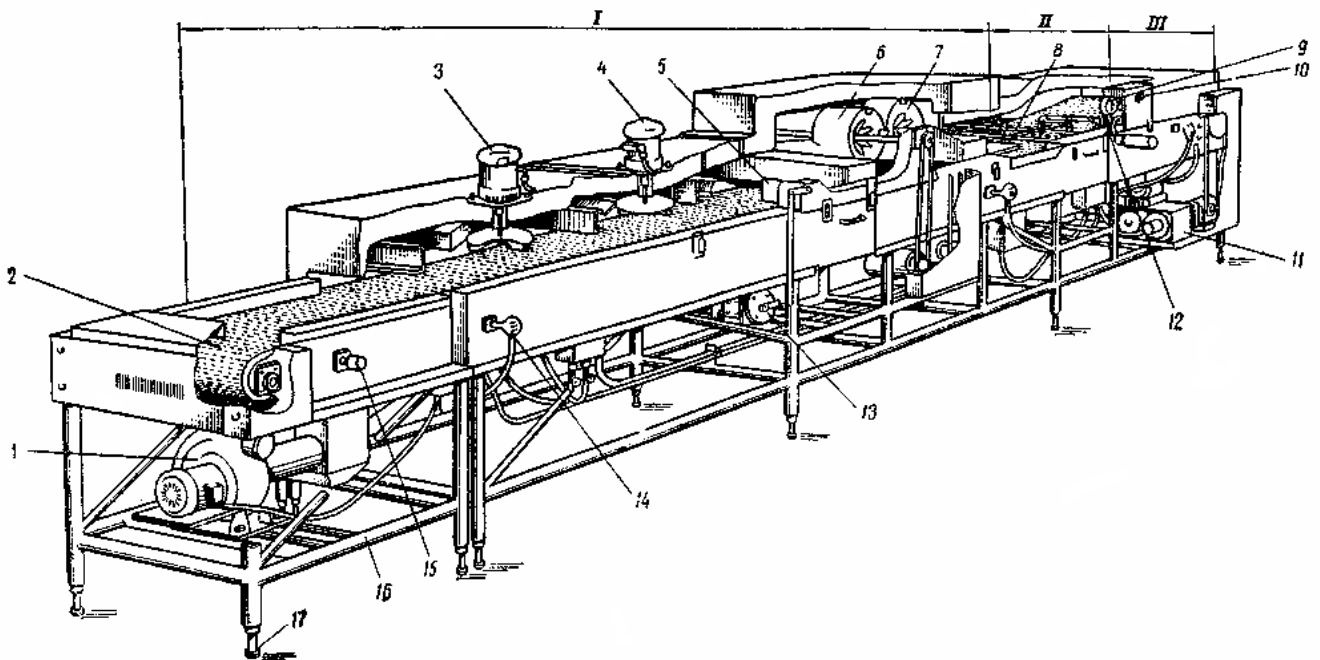


Рисунок 3.57 – Пересувний кріогенний апарат із інтенсивним рухом газоподібного азоту: 1 – витяжний вентилятор; 2 – вантажний конвеєр; 3, 4 – циркуляційні вентилятори для поперечного руху газоподібного азоту; 5 – шибер; 6, 7 – циркуляційні вентилятори для подовжнього руху газоподібного азоту; 8 – колектор 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

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.

Розвантажувальним конвеєром заморожений продукт подається на розфасування та упакування.

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. 3.58) складається з ізолюваного контуру, вантажного конвеєра, циркуляційного вентилятора для руху газоподібного азоту, шиберів, 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 ізолюваного 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 установа 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 щільними 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 щільних сопел, -120...-130°C.

Рідкий азот із бака (місткістю 15 м³), розташованого поза апаратом, через дросельний пристрій подається в колектори з форсунками, що мають спеціальні гвинти для регулювання подачі й розпилення рідкого азоту.

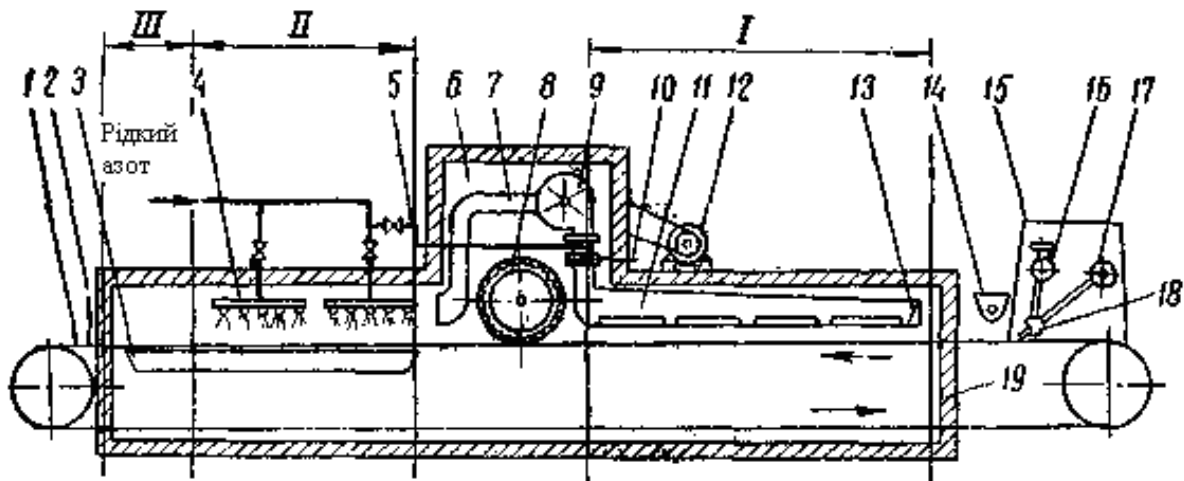


Рисунок 3.58 – Кріогенний апарат для заморожування пельменів: 1 – стрічка вантажного конвеєра; 2 – шторка; 3 – піддон; 4 – колектор із форсунками для розпилення рідкого азоту; 5 – трубопровід для подачі рідкого азоту в нагнітальний канал із щілинними соплами; 6 – надбудова над вантажним відсіком; 7 – 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. 3.59).

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.

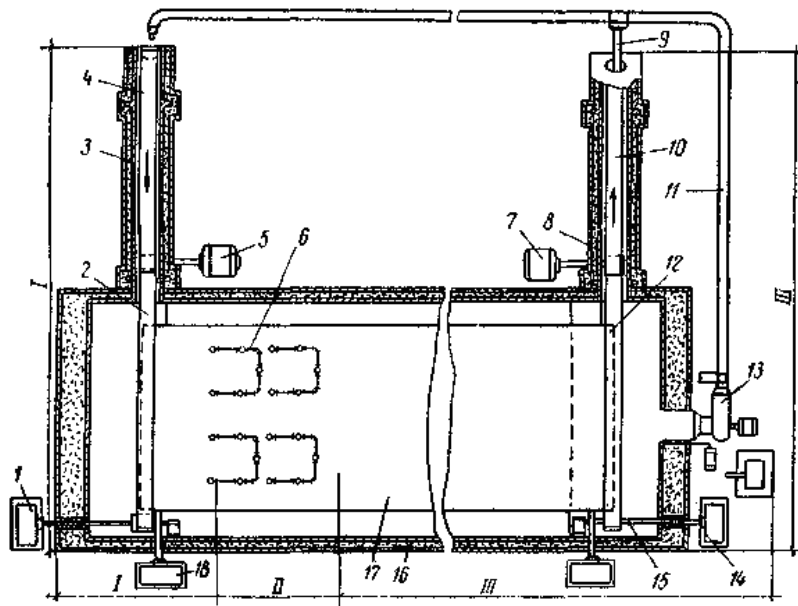


Рисунок 3.59 – Кріогенний апарат для заморожування продуктів:
1, 14 – електродвигуни приводу проміжного конвеєра; 2, 12 – проміжні конвеєри;
3 – завантажувальний конвеєр; 4 – транспортер завантаження;
5 – електродвигун транспортера завантаження; 6 – колектор з форсунками;
7 – електродвигун транспортера розвантаження; 8 – розвантажувальний тунель;
9 – нагнітальний канал подачі газоподібного азоту; 10 – транспортер розвантажування;
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 $-20 \dots -30^{\circ}\text{C}$. 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 розпоршують 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 направляєється до відсмоктувального вентилятора. Газовий потік, що виходить із вентилятора, частково направляєється 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 направляєється у відповідний тунель, де він, обдуваючись азотом, охолоджується. Охолоджений продукт передається на перший проміжний конвеєр, яким він направляєється у вантажний відсік апарата. Потрапляючи на вантажний конвеєр, продукт надходить у зону зрошення, а потім направляєється 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 направляєється 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 $-17...-45^{\circ}\text{C}$, у другій $-45...-128^{\circ}\text{C}$, а в третій $-156...-184^{\circ}\text{C}$.

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 установа 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. 3.20.

Таблиця 3.20 – Технічна характеристика криогенних апаратів

Показники	Криогенні апарати з горизонтальним розташуванням вантажного конвеєра					
	для заморожування неупакованих дрібноштучних продуктів	пересувний із інтенсивним рухом газоподібного азоту	для заморожування пельменів та фрикадельок	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, °С середовища, яке відводить тепло замороженого продукту	-196	-196	-196	-196	-196	
	-20	-20	-20	-20	-20	
Тривалість заморожування, хвилин	3...15	5...20	4...6	2...6	6...15	
Габаритні розміри, мм	довжина	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	

Криогенний апарат із похилим розташуванням конвеєра для заморожування неупакованих продуктів (рис. 3.60), складається з похилого вантажного конвеєра, збірної ізольованої контури, колектора з форсунками, циркуляційних і витяжних вентиляторів, електродвигуна привода 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.

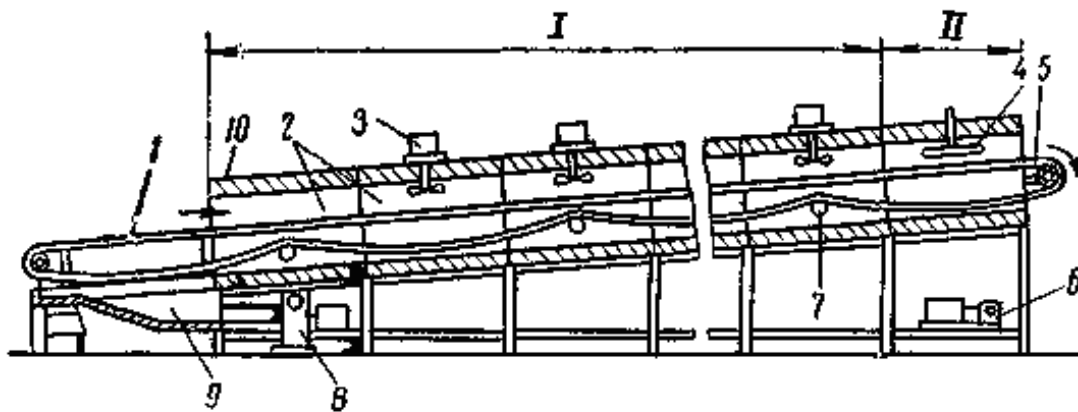


Рисунок 3.60 – Криогенний апарат із похилим розташуванням вантажного конвеєра, призначений для заморожування неупакованих продуктів: 1 – вантажний конвеєр; 2 – збірні секції; 3 – циркуляційний вентилятор; 4 – колектор із форсунками; 5 – ведучий барабан; 6 – електродвигун приводу вантажного конвеєра; 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 лоток, довжина якого дорівнює довжині вантажного конвеєра, а також застосування спеціального бака для зрошення продукту рідким азотом (рис. 3.61).

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.

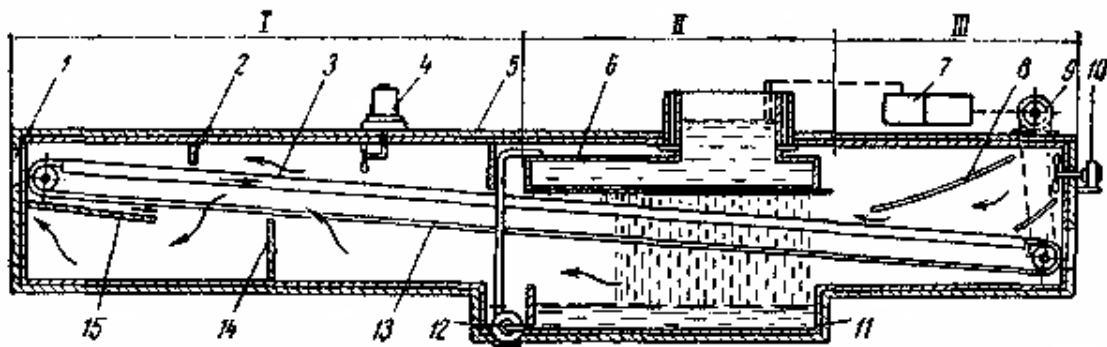


Рисунок 3.61 – Кріогенний апарат із похилим розташуванням вантажного конвеєра та перфорованим лотком: 1 – вікно завантаження; 2 – перегородка для зміни напрямку потоку газоподібного азоту; 3 – перфорований лоток; 4 – циркуляційний вентилятор; 5 – ізольований контур; 6 – верхній бак із рідким азотом; 7 – пульт управління; 8 – відбивачі; 9 – електродвигун і варіатор швидкостей для привода 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 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 лоток і ковзає по ньому. Перфорований лоток поділяє вантажний відсік апарату 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.

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. 3.21.

Таблиця 3.21 – 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
1	2	3
Продуктивність, кг/год	400...800	800
Ємність, кг	40...80	40...50
Температура, °С		
середовища, яке відводить тепло	-196	-196
замороженого продукту	-20	-20
Тривалість заморожування, хв.	6...10	3...5

1	2	3
Габаритні розміри, мм		
довжина	1200	13200
ширина	1400	1650
висота	1800	3200
Маса, кг	1700	2100

Як транспортний засіб у криогенних морозильних апаратах можна використовувати гвинтові конвеєри. У таких апаратах відсутні циркуляційні вентилятори, своєрідно вирішується завдання подачі криогенної 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. 3.62) 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 ізольованому 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.

Завантажувальне вікно призначене для надходження продукту в апарат. Із нього заморожений продукт видаляється через розвантажувальне вікно, яке знаходиться на верхньому кінці ізольованого контуру.

По всій довжині ізольованого 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 ізольованого 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.

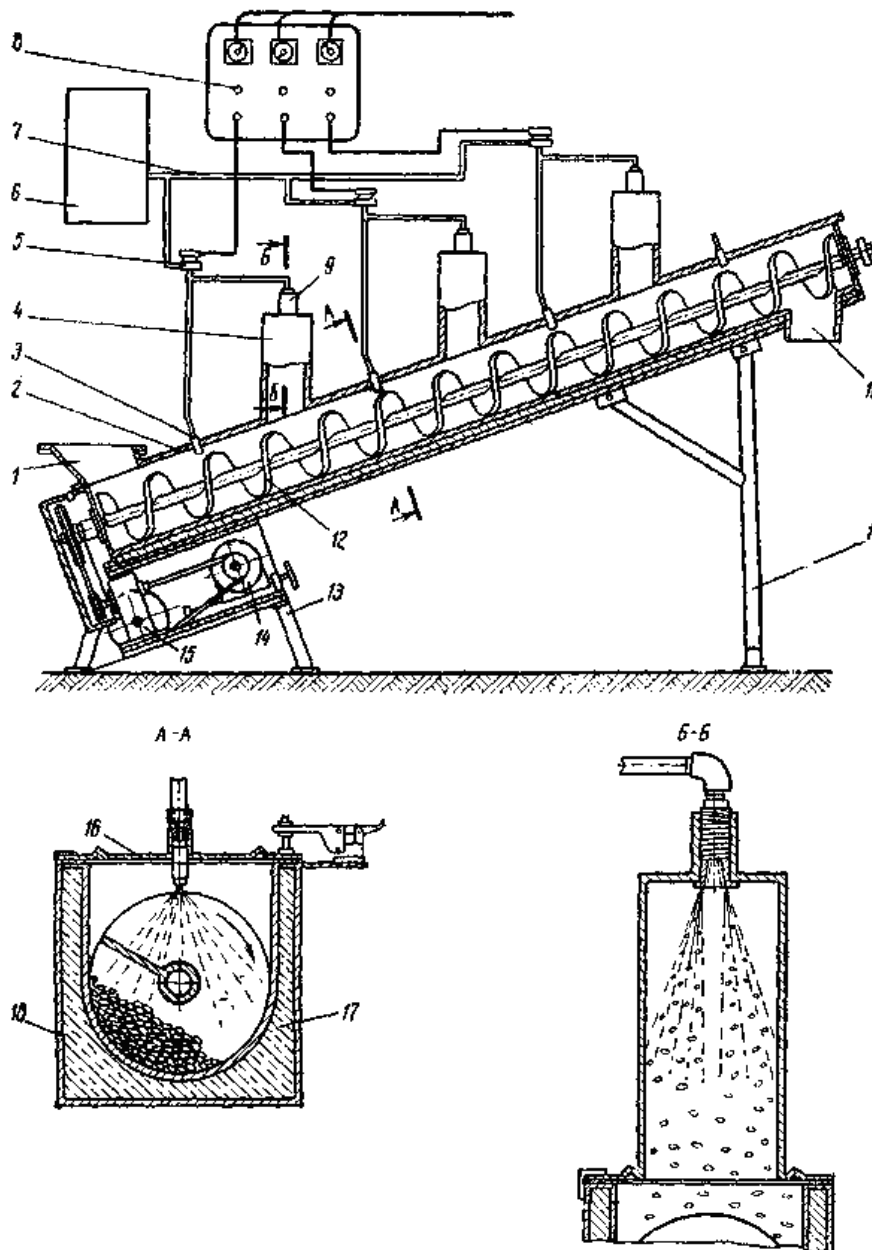


Рисунок 3.62 – Кріогенний апарат із похилим гвинтовим конвеєром:
 1 – завантажувальне вікно; 2 – ізолюваний контур; 3 – форсунки; 4 – розширювальна камера; 5 – соленоїдний вентиль; 6 – бак з рідким азотом; 7 – трубопровід; 8 – пульт управління; 9 – форсунка; 10 – розвантажувальне вікно; 11, 13 – підставки; 12 – похилий гвинтовий конвеєр; 14 – електродвигун; 15 – варіатор швидкостей; 16 – кришка; 17 – теплоізоляція; 18 – зовнішня обшивка ізолюваного контуру

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 нерациональним використанням газоподібного азоту порівняно з апаратом із інтенсивним рухом газу.

У кріогенних апаратах із вертикальним гвинтовим конвеєром (рис. 3.63) рух газоподібного азоту здійснюється за допомогою каналів і автоматичних заслінок. Апарат складається з циліндричного ізольованого 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.

Ізольований 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.

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.

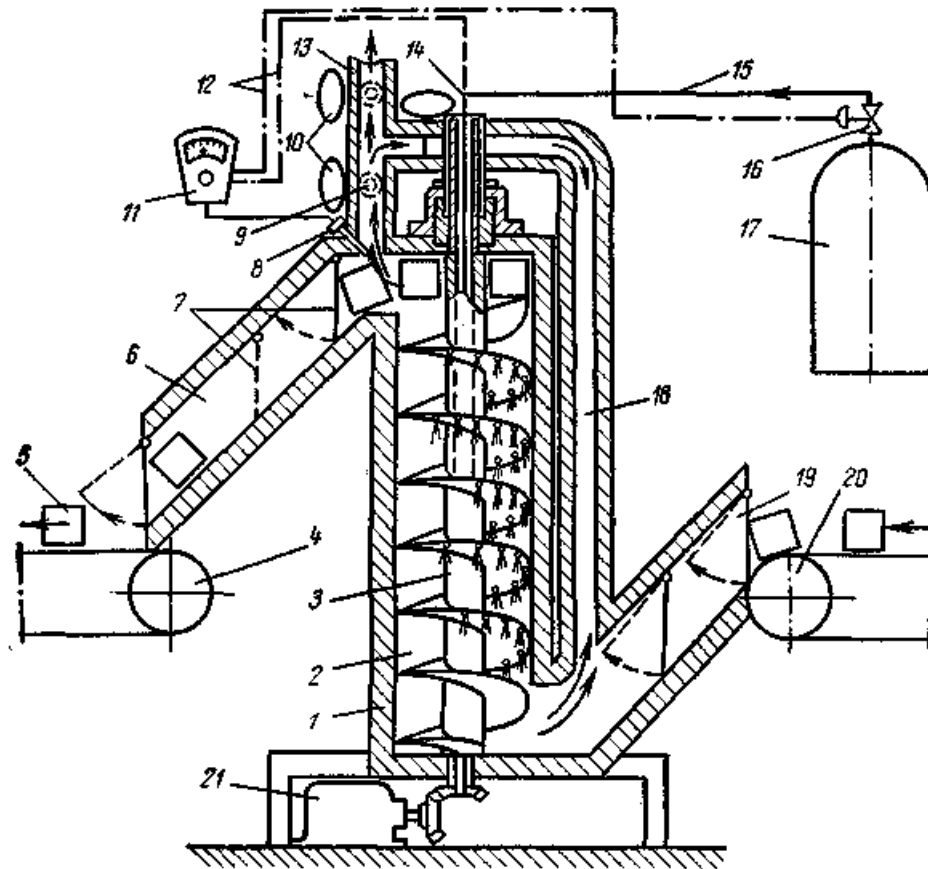


Рисунок 3.63 – Кріогенний апарат із вертикальним гвинтовим конвеєром: 1 – циліндричний ізолюваний контур; 2 – вантажний відсік; 3 – вертикальний гвинтовий конвеєр; 4 – транспортер розвантажування; 5 – заморожений продукт; 6 – розвантажувальний тунель; 7 – перегородки, які піднімаються; 8 – датчик температури; 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

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. 3.22.

Таблиця 3.22 – 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

3.5.2. 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 ізолюваного 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

$$\tau_a = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3, \quad (3.152)$$

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 (3.153)

$$\tau = \frac{q_3 \cdot \ell}{t_{kp} - t_c} \left[R\ell/\lambda + P \left(\frac{1}{\alpha} + \sum_I^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} \right) \right] \times 10^3, \quad (3.153)$$

де ℓ – товщина продукту, м;

R, P – коефіцієнти, залежні від співвідношень шарів упаковки з товщиною δ_i ;

$\sum_I^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}$ – 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_{31} , 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

$$t_{c1} = (t_2 - t_0)/2, \quad (3.154)$$

де t_2 – температура відпрацьованого газоподібного азоту, що видаляється із зони попереднього охолодження, величиною якої необхідно задаватися, °С (-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

$$Nu = 0,0296 Re^{0,8} Pr^{0,43}. \quad (3.155)$$

Під час визначення значення критерію Рейнольдса, що входить у рівняння (9.155), швидкість руху газоподібного азоту в зоні попереднього охолодження варто задати ($w' = 20 \dots 35$ 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

$$\alpha_2 = 25,06 \lambda'' \left(\frac{c'' \Delta t_a}{r} \right)^{-0,6} \left(\frac{\rho' - \rho''}{\sigma'} \right)^{0,5}, \quad (3.156)$$

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 зрошення, 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 (3.156) справедлива для умов

$$0,2 < \frac{c'' \Delta_a t}{r} < 2,4.$$

Тривалість перебування продукту в зоні вирівнювання температур τ_3 рівна тривалості заморожування продукту до криоскопічної температури в зоні попереднього охолодження, тобто $\tau_3 = \tau_1$. Якщо за умовами проектування необхідно зменшити довжину апарата, то приймають $\tau_3 = (0,5 \dots 0,75) \tau_1$ 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 (3.157)

$$G = G' \cdot \tau. \quad (3.157)$$

Площу поверхні стрічки вантажного конвеєра розраховують за рівнянням

$$F_{кн} = G/g, \quad (3.158)$$

де $F_{кн}$ – 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

$$L_{кн} = F_{кн}/B_{кн}, \quad (9.159)$$

де $B_{кн}$ – ширина вантажного конвеєра, м.

За габаритними розмірами знаходять зовнішню теплопередавальну поверхню ізольованого контуру. Залежно від її величини знаходиться теплоприплив Q_1 .

Довжину ізольованого контуру розраховують за рівнянням

$$L_a = L_{кн} + D_{\delta} + 2\delta_i + 2\delta_3, \quad (3.160)$$

де L_a – довжина ізольованого контуру апарата, м;

D_{δ} – діаметр барабана вантажного конвеєра, м;

δ_i – товщина шару ізоляційного матеріалу, м;

δ_3 – зазор між барабаном і торцевою стінкою ізольованого контуру, м.

Ширину ізольованого контуру визначають за формулою

$$B_a = B_{кн} + 2\delta_i + 2\delta'_3, \quad (3.161)$$

де B_a – ширина ізольованого контуру, м;

δ'_3 – зазор між вантажним конвеєром і бічною стінкою ізольованого контуру, м.

Висоту ізолюваного контуру визначають за формулою

$$H_a = D_6 + h_6 + \delta_3'' + \delta_3''' + \delta_3'''' + 2\delta_i, \quad (3.162)$$

де H_a – висота ізолюваного контуру, м;

h_6 – розмір циркуляційного вентилятора по висоті ізолюваного контуру, м;

$\delta_3'' + \delta_3''' + \delta_3''''$ – 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

$$Q_o = a_{\partial.n} \cdot Q_1 + Q_2 + Q_4, \quad (3.163)$$

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

$$G_{az} = Q'_a / r, \quad (3.164)$$

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

$$Q''_a = Q_o - Q'_a, \quad (3.165)$$

де Q''_a – теплове навантаження, яке можна відвести газоподібним азотом, Вт.

Дійсне теплове навантаження, що відводиться газоподібним азотом, знаходять з виразу

$$Q''_{a.d.} = G_a \cdot c(t_2 - t_o), \quad (3.166)$$

де $Q''_{a.d.}$ – дійсне теплове навантаження, що відводиться газоподібним азотом, Вт;

t_2 – 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 (26) 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 $G_{аз.д}$ (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

$$G_{аз.н} = G_{аз.д} \cdot n, \quad (3.167)$$

де $G_{аз.н}$ – надлишкова кількість рідкого азоту, який зрошує продукт, кг/с ($n=1,15\dots1,2$).

Кількість форсунок для апарата з надлишковою кількістю рідкого азоту, що зрошує продукт, складе

$$n_{\phi} = \frac{G_{аз.н}}{g_{\phi}}, \quad (3.168)$$

де n_{ϕ} – кількість форсунок, шт.;

g_{ϕ} – продуктивність однієї форсунки, кг/с;

Кількість форсунок для апаратів без рециркуляції рідкого азоту складе

$$n_{\phi} = \frac{G_{аз.д}}{g_{\phi}}. \quad (3.169)$$

Питому витрату рідкого азоту визначають за формулою

$$g_a = \frac{G_{аз.д}}{G'}, \quad (3.170)$$

де g_a – питома витрата рідкого азоту, кг/кг.

Продуктивність відсмоктуючого вентилятора

$$V'_{o.в.} = G_{аз.д} \cdot v_z, \quad (3.171)$$

де $V'_{o.в.}$ – продуктивність відсмоктуючого вентилятора, м³/с;

v_z – питома 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

$$V'_{a.n} = F_{з.n} \cdot w', \quad (3.172)$$

де $V'_{a.n}$ – кількість газоподібного азоту, який рухається в зоні попереднього охолодження, м³/с;

$F_{з.n}$ – живий перетин зони попереднього охолодження для проходу

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

$$V'_{a.6} = F_{3.6} \cdot w'', \quad (3.173)$$

де $V'_{a.6}$ – кількість газоподібного азоту, який рухається в зоні вирівнювання температури, м³/с;

$F_{3.6}$ – 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 (3.174) проводиться розрахунок потужності електродвигунів для усіх вентиляторів

$$Ne = \frac{V_e \Delta P}{\eta}, \quad (3.174)$$

де Ne – потужність електродвигунів, кВт;

ΔP – аеродинамічний опір під час руху повітря в циркуляційному кільці, Па;

η – ККД вентилятора.

3.5.3. 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 дрослюється 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 $-65...-73^{\circ}\text{C}$. 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. 3.64) 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.

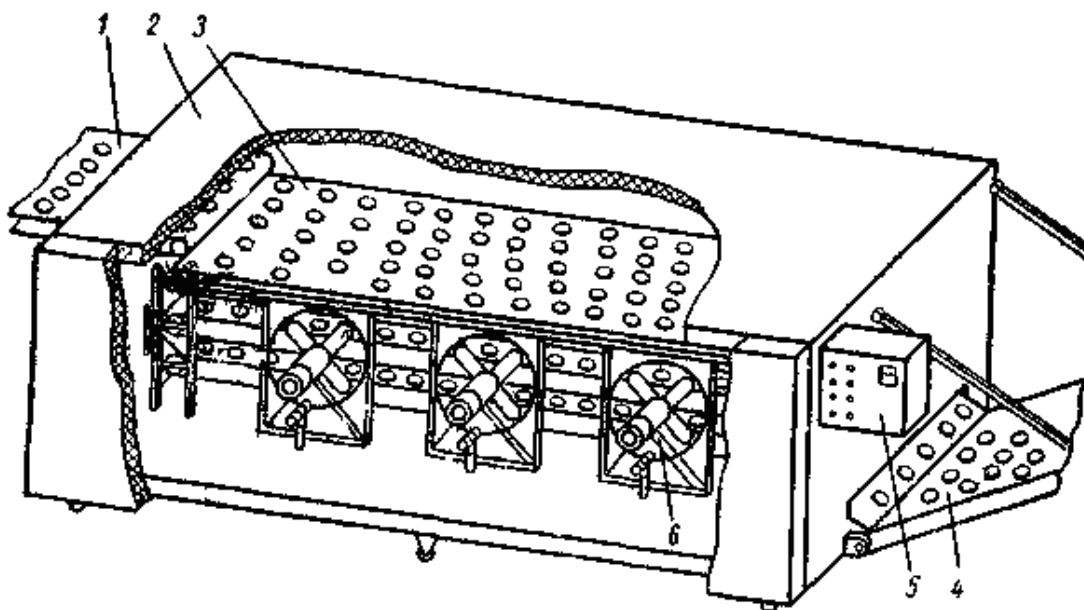


Рисунок 3.64 – Вуглекислотний апарат для заморожування кулінарних виробів: 1 – завантажувальний конвеєр; 2 – ізолюваний контур; 3 – верхня секція вантажного конвеєра; 4 – розвантажувальний конвеєр; 5 – пульт; 6 – циркуляційні вентилятори з колекторами

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. 3.65.

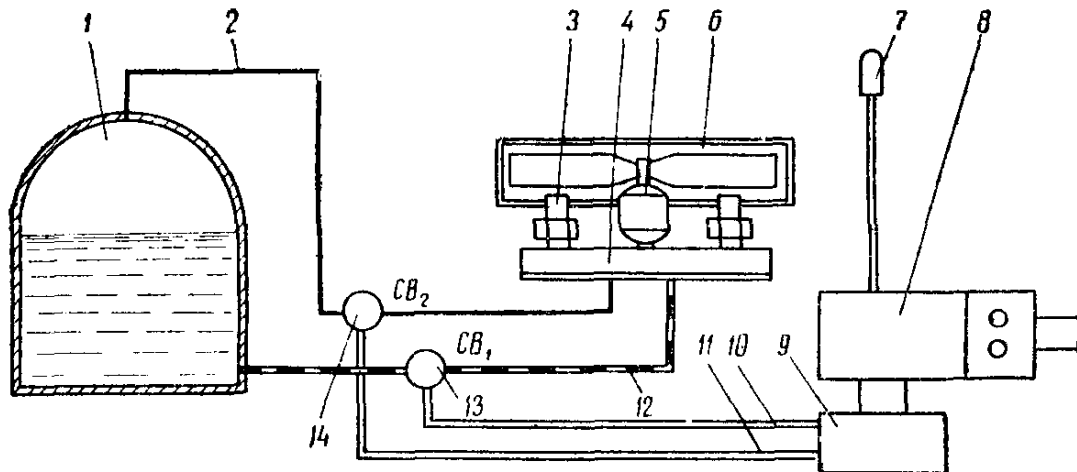


Рисунок 3.65 – Схема автоматичного регулювання температури суміші вуглекислотного апарата для заморожування кулінарних виробів: 1 – бак; 2 – газовий трубопровід; 3 – форсунка; 4 – колектор; 5 – циркуляційний вентилятор; 6 – камера циркуляційного вентилятора; 7 – датчик температури; 8 – регулятор температури; 9 – реле часу; 10, 11 – лінії зв'язку; 12 – рідинний трубопровід; 13, 14 – соленоїдні вентиля

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. 3.23.

Таблиця 3.23 – 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

3.5.4. 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. 3.66) складається з ізольованого контуру, ванни з холодоносієм, перфорованих лопастей, що обертаються, завантажувальної лійки, віброуючих сит, зрошувача, електроприводу.

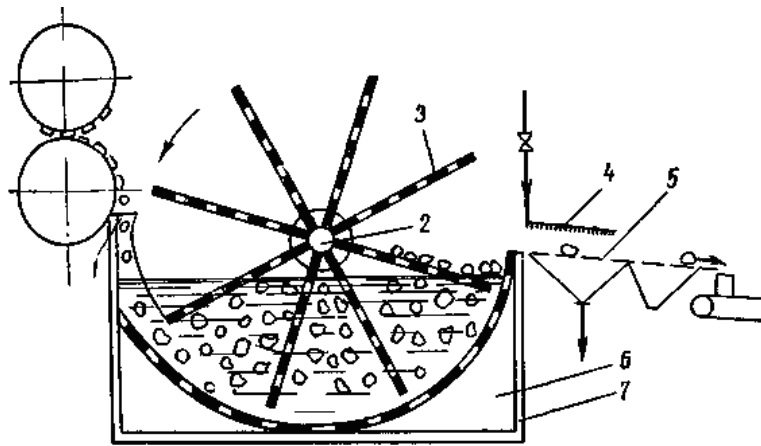


Рисунок 3.66 – Апарат для заморожування дрібноштучних продуктів холодоносієм: 1 – завантажувальна лійка; 2 – пустотілий вал; 3 – перфоровані лопаті; 4 – зрошувач; 5 – вібруюче сито; 6 – ванна з холодоносієм; 7 – ізольований контур

Кришка ізольованого 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 холодоносій. Із ванни отеплений холодоносій 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 $0,05 \text{ с}^{-1}$.

Через завантажувальну лійку продукт, що заморожується, попадає у вантажний відсік апарата. Обертові перфоровані лопаті переміщують продукт у ванні з холодоносієм. Продукт, занурений у холодоносій, 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. 3.67). Апарат складається з ізольованої ванни, трьох барабанів зі спіральними перфорованими напрямними, електродвигуна, варіатора швидкостей, завантажувальної лійки й розвантажувального транспортера.

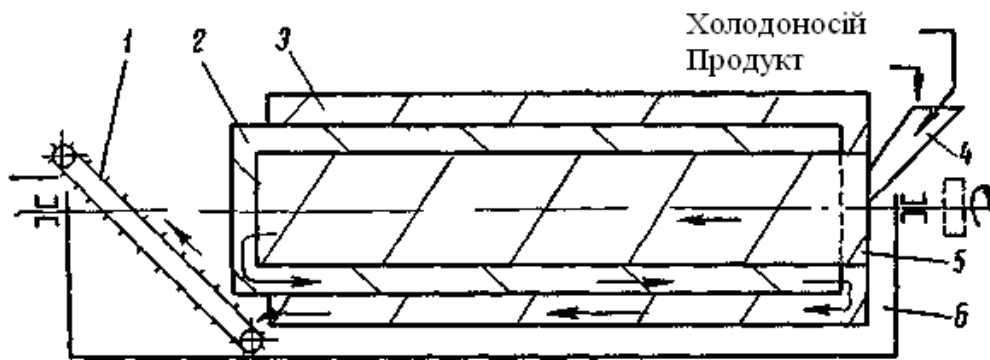


Рисунок 3.67 – Барабанний апарат для заморожування продуктів холодоносієм: 1 – розвантажувальний транспортер; 2 – середній барабан; 3 – зовнішній барабан; 4 – завантажувальна лійка; 5 – внутрішній барабан; 6 – ізольована ванна з холодоносієм. Стрілки показують напрямок руху дрібноштучних продуктів

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 холодоносій видаляється з ванни через патрубок. Холодоносій (хлористий натрій) охолоджується у випарнику холодильної установки. Рух холодоносія по циркуляційному колу «апарат – випарник – апарат» проводиться насосом. Перед надходженням у випарник холодоносій 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 холодоносій 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. 3.25.

Таблиця 3.25 – 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	-20	-20
замороженого продукту	-15	-15
Тривалість заморожування, хвилин	30	20...30
Габаритні розміри, мм		
довжина	3800	8600
ширина	2400	2600
висота	2700	3000
Маса, кг	1600	1760

3.6. 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.

3.6.1. 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. 3.68) 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.

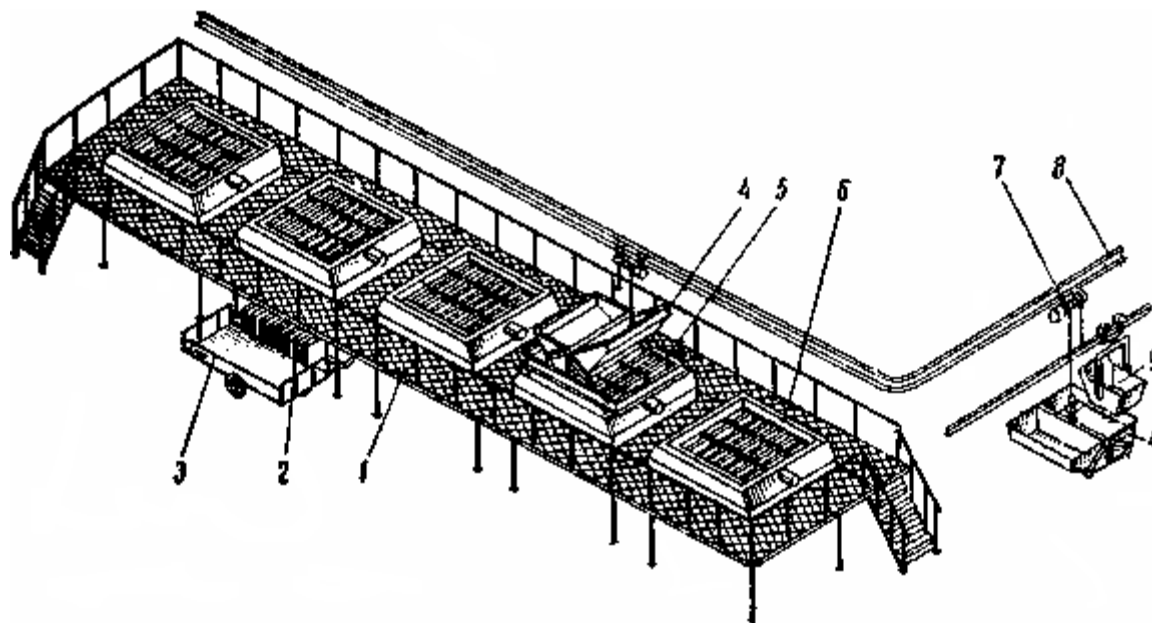


Рисунок 3.68 – Поточна лінія для виробництва блочного м'яса: 1 – площадка для обслуговування; 2 – блок м'яса; 3 – візок для приймання блоків; 4 – завантажувальний ківш; 5 – живильник; 6 – мембранний морозильний апарат; 7 – електротельфер; 8 – підвісний шлях; 9 – мірний ківш

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 пелюстків 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 блокувальні 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. 3.69).

До складу лінії входять машини для обвалювання і жиловання 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 жиловання 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 сталеву 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 доморожування. Швидкість руху сітчастого конвеєра приймається з таким розрахунком, щоб пельмені під час виходу з повітряного апарата мали температуру мінус 18°C.

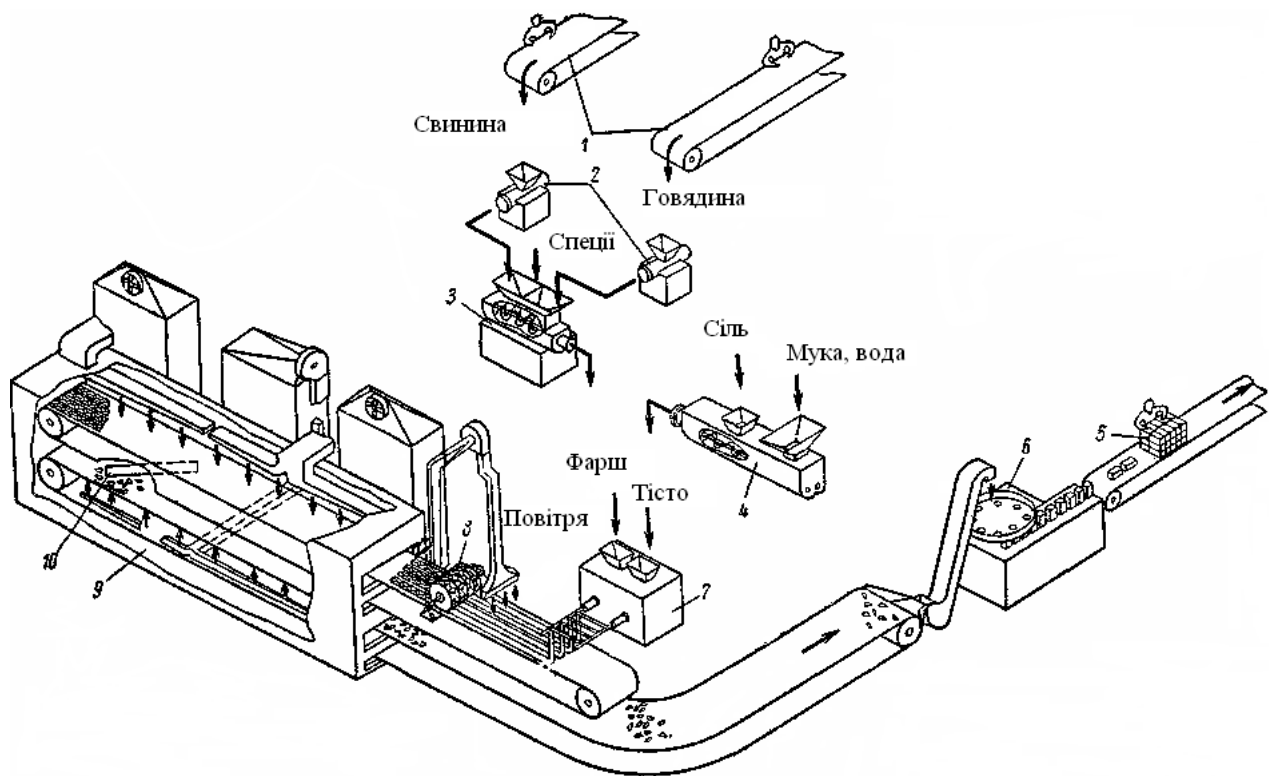


Рисунок 3.69 – Поточна лінія для виробництва морозених пельменів:
1 – машина для обвалювання і жилування м'яса; 2 – машина для подрібнення м'яса; 3 – машина для приготування фаршу; 4 – машина для приготування тіста; 5 – упаковання; 6 – автомат для фасування; 7 – пристрій для формування пельменів; 8 – 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 морозеної продукції.

Переваги: механізація й автоматизація виробництва, заморожування, розфасування й упаковання морозених 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 упаковання готової продукції.

Яловичина надходить транспортером до машини для обвалювання й жилування, а котлетна м'якоть направляєтся 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 поточкових ліній для виробництва мороженого блокового м'яса й морожених м'ясних продуктів приведена в табл. 3.26.

Таблиця 3.26 – Технічна характеристика поточкових 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 замороженого продукту	-30 -10	-35 -18	-35 -18

3.6.2. Лінії для виробництва мороженої риби та морожених рибних продуктів

Застосування поточкових 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 поточкових 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. 3.70) 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.

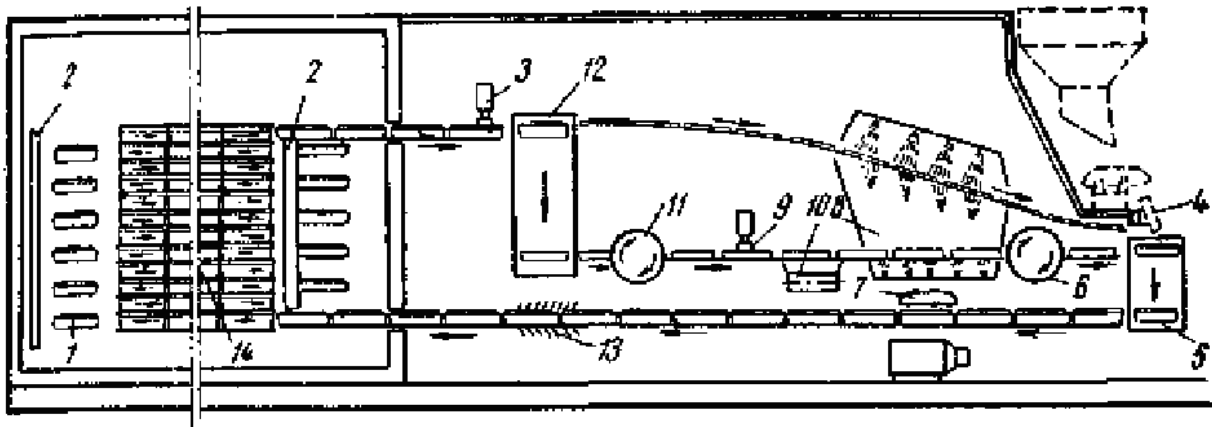


Рисунок 3.70 – Поточна лінія для виробництва морожених блоків із необробленої риби: 1 – елеватор; 2 – гідроштовхач; 3 – вузол зняття кришок; 4 – вузол для завантаження блок-форм та закривання кришок; 5 – розвантажувальний транспортер; 6 – перекидач; 7 – пресуючий пристрій; 8 – пристрій для миття блок-форм; 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 підпресовуються. 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. 3.71), 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 іншій, фарш промивається водою, що потім частково видаляється. У баки вода подається охолодженою до 5°C.

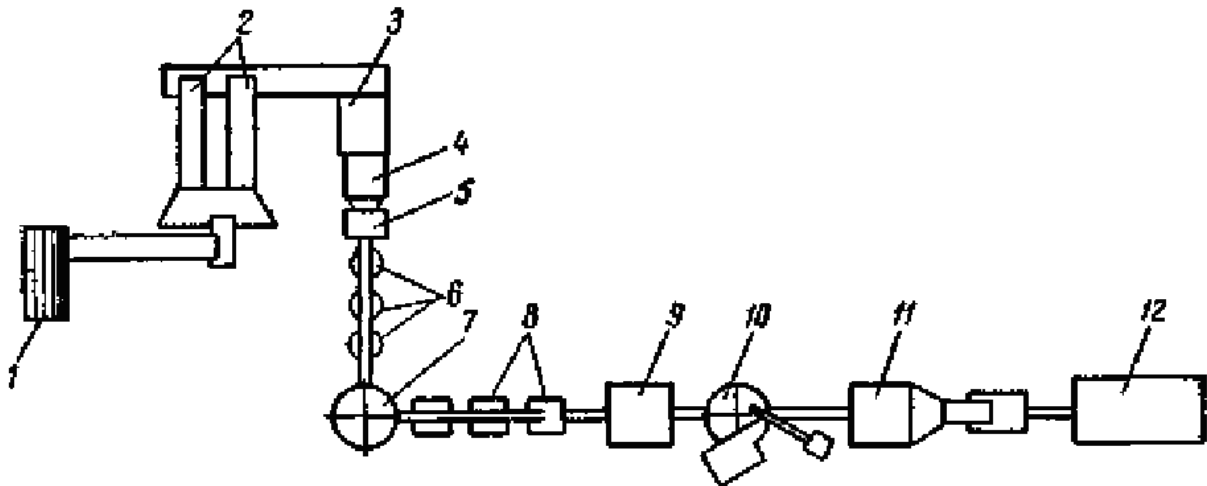


Рисунок 3.71 – Поточна лінія для виробництва харчового мороженого рибного фаршу: 1 – мийна машина; 2 – філетировочна машина; 3 – транспортер для огляду риби; 4 – сепаратор; 5 – приймальний бункер; 6 – промивочні баки; 7 – проміжний бак; 8 – центрифуги; 9 – кутер; 10 – бункер; 11 – наповнююча машина; 12 – горизонтально-плитковий морозильний апарат

Із промивного бака суміш фаршу з залишками води направляється в центрифуги для її зневоднювання до залишкової вологості. Охолоджений і зневоднений 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 поточних ліній для виробництва мороженої риби і морожених рибних продуктів приведена в табл. 3.27.

Таблиця 3.27 – 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

3.6.3. 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. 3.83) комплектується мийною машиною, бланшувачем, протиральною машиною, пристроєм, що дозує і перемішує, наповнювачем і морозильним апаратом із непрямим контактом.

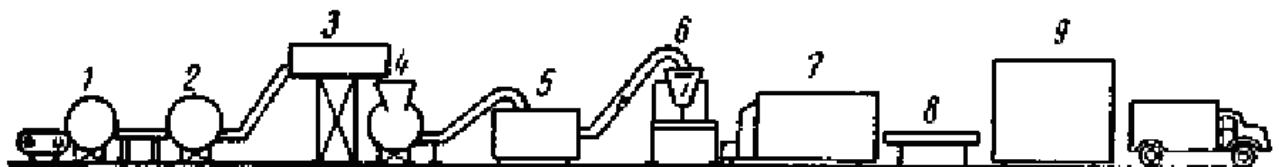


Рисунок 3.72 – Поточна лінія для виробництва мороженого овочевого пюре: 1 – мийна машина; 2 – машина для очищення та розділення; 3 – бланшувачі; 4 – протиральна машина; 5 – дозуючий та перемішувальний пристрій; 6 – наповнювач; 7 – морозильний апарат із непрямим контактом; 8 – пакувальний апарат; 9 – 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 дозуючих і перемішувальних пристроях одержують однорідну масу. Підготовлену в такий спосіб овочеву суміш подають у наповнювач, а потім у морозильні апарати з непрямим контактом.

Заморожене овочеve 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. 3.73) 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.

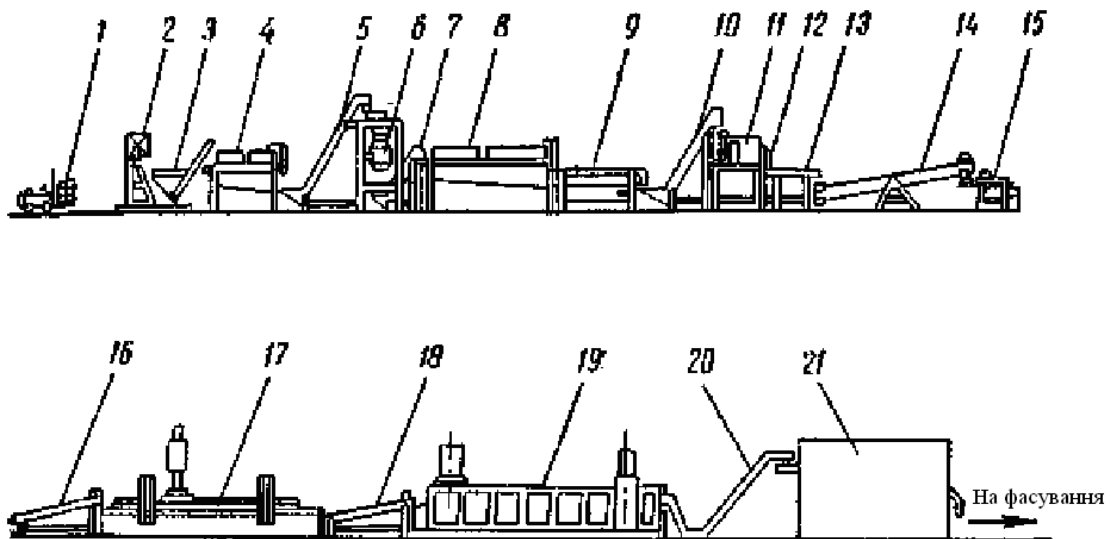


Рисунок 3.73 – Поточна лінія для виробництва мороженої картоплі:
1 – електронавантажувач; 2 – контейнероперекидач; 3 – бункер; 4 – мийна машина; 5, 10 – ковшові елеватори; 6 – установка для парової обробки картоплі; 7 – розвантажувальний скребковий транспортер; 8 – мийна машина; 9 – збираючий транспортер; 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 переміщуються, 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. Пересуваючися в печі сігчастим 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 іншій. 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. 3.74) входять перекидач контейнера, мийна машина, транспортери, бланшувач, мийно-очисна машина, флюїдизаційний морозильний апарат і фасувально-пакувальний автомат.

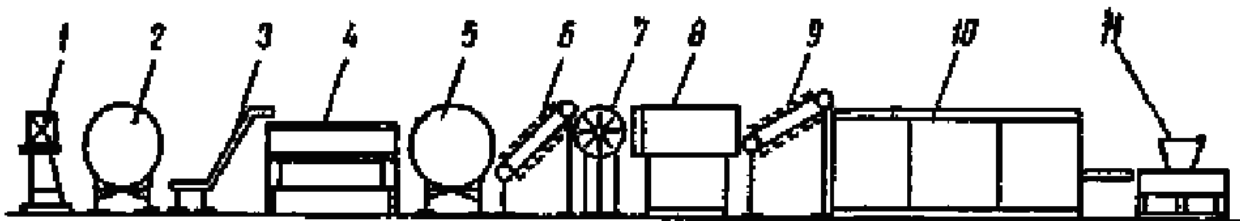


Рисунок 3.74 – Поточна лінія для виробництва морожених овочевих гарнірів: 1 – контейнероперекидач; 2 – мийна машина; 3 – транспортер; 4 – бланшувач; 5 – мийно-очищувальна машина; 6, 9 – скребкові транспортери; 7 – овочерізка; 8 – сортувальна машина; 10 – флюїдизаційний морозильний апарат; 11 – фасувально-пакувальний 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 мrożених продуктів.

Переваги: компактність, технологічні процеси механізовані й автоматизовані.

Недоліки: необхідність ретельного сортування овочів, що направляються для технологічної переробки.

Лінія для виробництва мrożених картопляних котлет (рис. 3.75) комплектується контейнероперекидачем, мийною машиною, проміжними транспортерами, установкою для парової обробки картоплі, мийно-очисною машиною, апаратом для бланшування, вібраційною машиною, картоплек'ялкою, формувальним агрегатом, апаратом для льезонування (змочування), панірувальним апаратом, обжарочною піччю, апаратом для охолодження й заморожування котлет і фасувально-пакувальним автоматом.

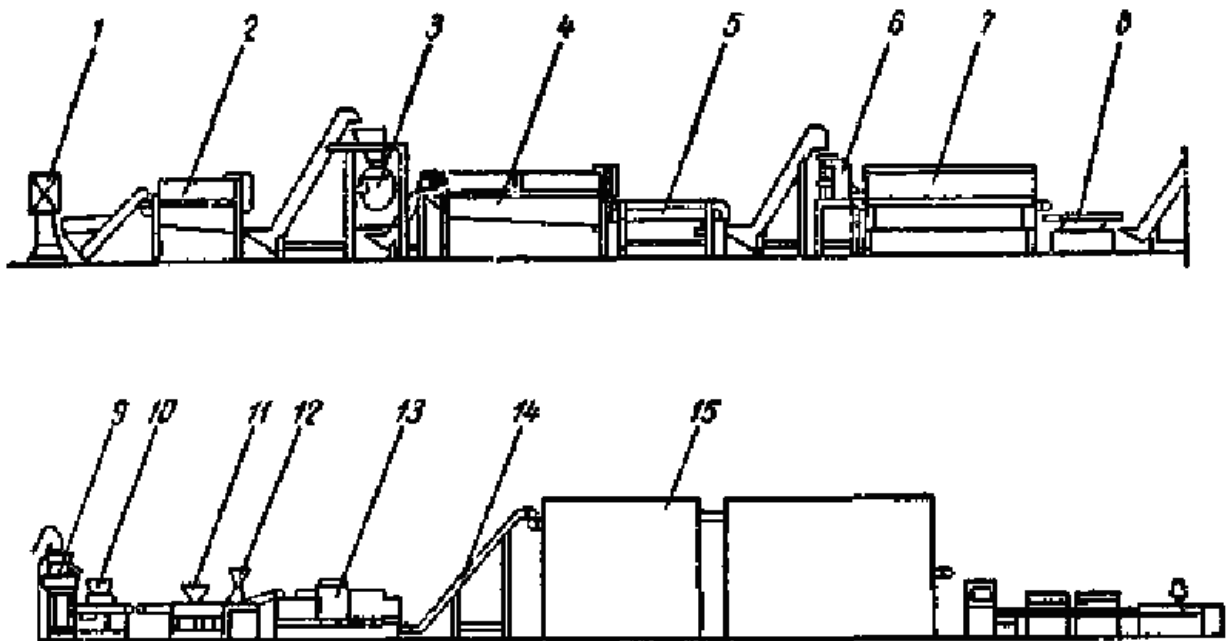


Рисунок 3.75 – Поточна лінія виробництва мrożених картопляних котлет; 1 – контейнероперекидач; 2 – мийна машина; 3 – установка для парової обробки картоплі; 4 – мийно-очищувальна машина; 5 – транспортер для доочищення; 6 – різальна машина; 7 – апарат для бланшування; 8 – вібраційна машина; 9 – картоплек'ялка; 10 – формувальний агрегат; 11 – апарат для льезонування; 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.

Нарізана картопля надходить у апарат для бланшування, де проварюється до повної готовності у воді, що підігрівається парою. Звідти нарізана картопля направляється на вібраційну машину для видалення надлишку води й відсорткування дріб'язку. Потім на транспортерах варена картопля охолоджується, і після добавок (за рецептурою) вся маса надходить у картоплек'ялку. Ретельно перемішана та протерта пюреподібна картопляна маса проштовхується шнеком до виходу з картоплек'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. 3.76) складається зі стрічкового транспортера, мийної машини, сітчастого транспортера, елеватора, флюїдизаційного морозильного апарата й фасувального автомата.



Рисунок 3.76 – 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

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.

Технічна характеристика поточкових ліній для виробництва мороженого овочевого пюре, картоплі, овочевих гарнірів, картопляних котлет і ягід приведена в табл. 3.28.

Таблиця 3.28 – Технічна характеристика поточкових ліній

Показники	Поточні лінії для виробництва				
	мороженого овочевого пюре	мороженої картоплі	морожених овочевих гарнірів	морожених картопляних котлет	морожених ягід
Продуктивність, кг/год	200	100	200	500...600	300
Тип морозильного апарата	Безконтактного заморожування	Флюїдизаційний	Флюїдизаційний	Повітряний	Флюїдизаційний
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

3.6.4. Лінії для виробництва морозива

Лінія для виробництва морозива у вафельних стаканчиках (рис. 3.77) 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.

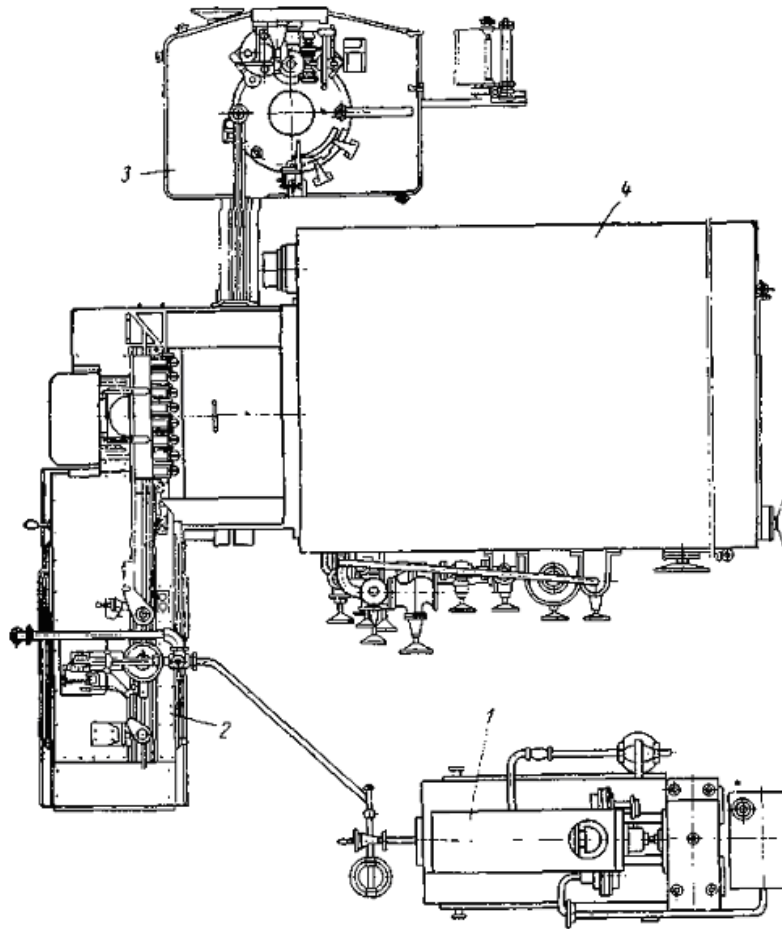


Рисунок 3.77 – Поточна лінія для виробництва морозива у вафельних стаканчиках: 1 – фризера безперервної дії; 2 – фасувальний автомат; 3 – автомат для загортання морозива у вафельні стаканчики; 4 – повітряний морозильний апарат

Переваги: поточність виробництва, автоматизація та механізація процесу виробництва морозива у вафельних стаканчиках.

Лінії для виробництва брикетного морозива на вафлях (рис. 3.78) складаються з двох фризерів безперервної дії, формувально-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 – загартування батонів; в автоматі для загортання морозива – загортання брикетів морозива у відповідну паперову упаковку і передавання на укладання в коробки.

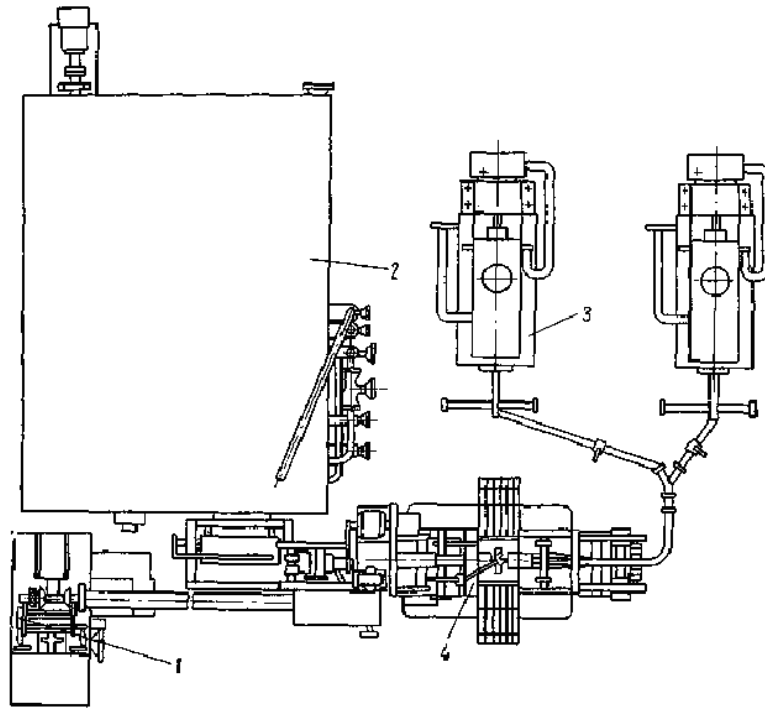


Рисунок 3.78 – Поточна лінія для виробництва брикетного морозива на вафлях: 1 – автомат для загортання морозива; 2 – повітряний морозильний апарат; 3 – фризер безперервної дії; 4 – формувально-різальна машина

Переваги: компактність і повна автоматизація виробничих процесів.

Недоліки: втрати сировини під час відрізання й розпилювання батонів.

Для виробництва ескімо застосовують **автоматичну поточну лінію з карусельним ескімо-генератором** (рис. 3.79). До складу лінії, призначеної для випуску глазуrowаного 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 глазурувальної 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.

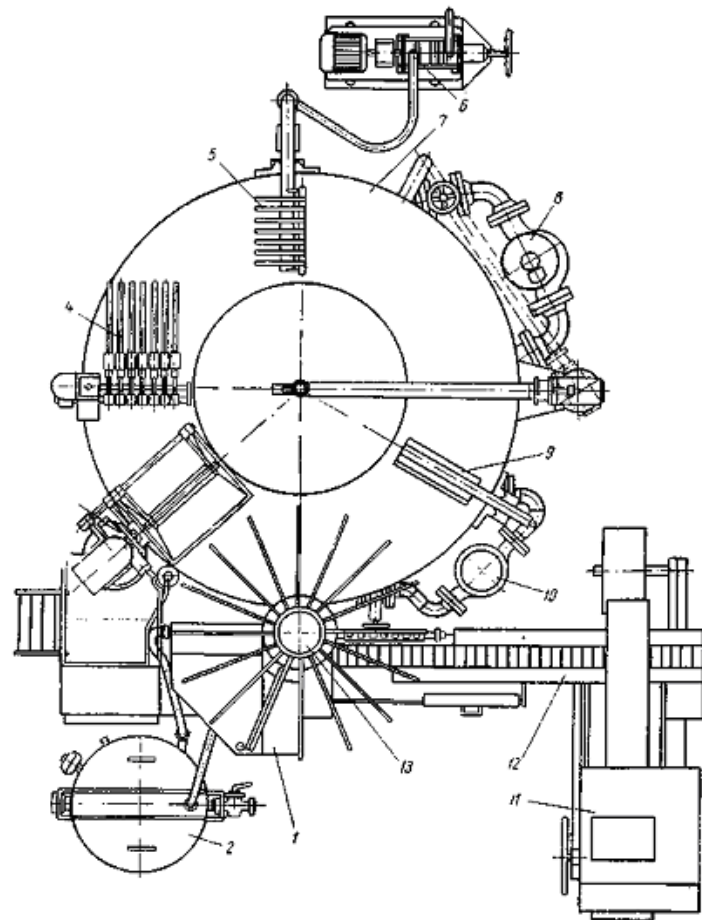


Рисунок 3.79 – Автоматична поточна лінія з карусельним ескімо-генератором для виробництва ескімо: 1 – ванна; 2 – бачок; 3 – дозатор; 4 – автоматичний установлювач; 5 – гребінка для відсмоктування води із формочок; 6 – насос; 7 – карусельний ескімо-генератор; 8 – насос холодного холодоносія; 9 – пристрій 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 підтаює, 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 заортає кожну порцію ескімо в спеціальний папір, щільно заочуючи 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. 3.29.

Таблиця 3.29 – 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

Затитання 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?

Розділ 4

ХОЛОДИЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ КАМЕР ЗБЕРІГАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Технологічні режими холодильного зберігання харчових продуктів визначаються видом холодильної обробки, властивостями та упакуванням продукту. Камери зберігання оснащуються обладнанням для охолодження повітря, зволожуючими пристроями, обладнанням для створення й підтримання складу газового середовища, фільтрами й озонаторами.

4.1. Прилади охолодження камер зберігання

У камерах зберігання з вимушеним рухом повітря охолодження повітряного середовища здійснюється повітроохолоджувачами, а в камерах із природним рухом – батареями. Тип приладів, призначених для охолодження повітря в камерах зберігання, залежить від системи охолодження (повітряна, батарейна або змішана). Якщо повітря в камері зберігання охолоджується повітроохолоджувачем (або повітроохолоджувачами), то система охолодження камер повітряна. Коли повітря в камері охолоджується батареями, система охолодження батарейна. У камерах зберігання повітря може охолоджуватися повітроохолоджувачами й батареями, у цьому випадку система охолодження змішана.

4.1.1. Повітроохолоджувачі

Штучно охоложене повітря широко застосовують у різних галузях народного господарства, у тому числі в харчовій промисловості, нафтохімії, виробництві мінеральних добрив, медицині й сільському господарстві. За принципом дії (способом охолодження повітря) повітроохолоджувачі поділяються на **поверхневі** (сухі), **контактні** (вологі) і **змішаного** типу. Класифікація повітроохолоджувачів із урахуванням конструктивних особливостей наведена на рисунку 4.1.

Повітроохолоджувачі – пристрої для охолодження повітря шляхом зіткнення його з холодною теплопередавальною поверхнею або безпосереднім теплообміном із рідким середовищем – розсолем або водою. Охолодження повітря із примусовим його рухом через повітроохолоджувач від вентилятора здійснюється за рахунок випару холодильного агента або за допомогою циркуляції розсолу й води низької температури.

Типи повітроохолоджувачів: сухі, або трубчасті, безпосереднього випаровування й розсільні – з теплопередачею через стінки труб; вологі – зрошувальні й форсуночні з теплопередачею від повітря до рідини – розсолу або води, охолоджуваної в окремому випарнику; повітроохолоджувачі змішаного типу зі зрошенням трубчастих змішувачів розсолем.

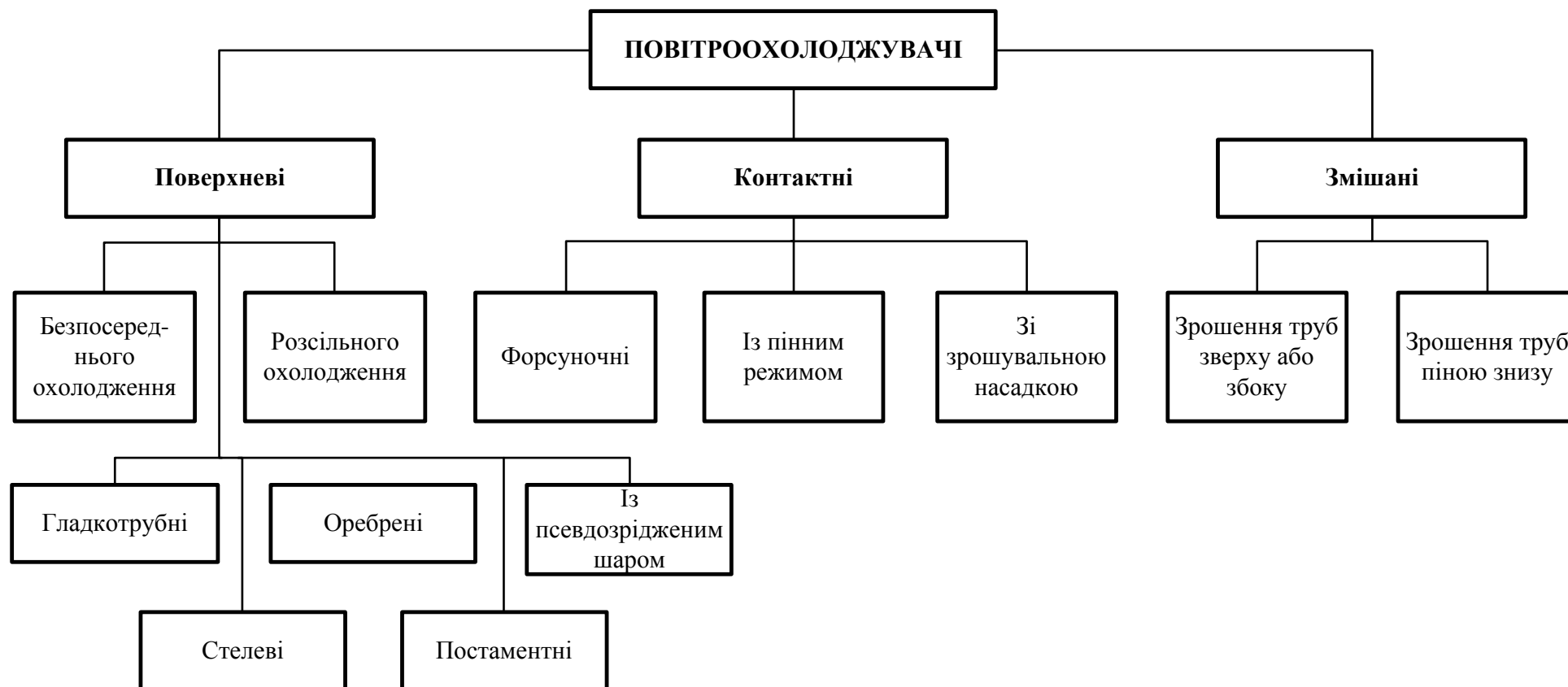


Рисунок 4.1 – Класифікація повітроохолоджувачів

Сухі повітроохолоджувачі. У сучасних повітроохолоджувачах звичайно здійснюється продування повітря не уздовж, а поперек труб із холодоагентом, який кипить у них, або циркулюючим розсолем. Труби розташовуються у вигляді пучків, близько одна від одної, звичайно у шаховому порядку.

Повітроохолоджувачі безпосереднього випару з горизонтальними або вертикальними трубами використовуються як холодильне обладнання тунельних або шафових морозилок, а також є частиною швидкоморозильних апаратів. Для таких повітроохолоджувачів повинна бути забезпечена можливість зручного видалення снігової шуби після відтавання труб. Застосування вентиляторів реверсивного типу, що створюють періодично струм повітря в різних напрямках, прискорює термічну обробку харчових продуктів.

Постаментні повітроохолоджувачі, розташовані безпосередньо в камері, мають над випарними трубами кілька вентиляторів відцентрового типу на загальному валі з електродвигуном. Охолоджене повітря виходить майже під стелею камери зі швидкістю до 20 м/с через розтруби. За такого розподілу повітря можна обійтися без системи усмоктувальних і нагнітальних каналів, тому такі повітроохолоджувачі називаються безканалними.

Підвісні повітроохолоджувачі застосовуються як випарники дрібних холодильних агрегатів-автоматів і розташовуються під стелею охолоджуваного приміщення. Такі повітроохолоджувачі з ребристих змійовиків відрізняються компактністю конструкції. Висота змійовиків дорівнює їх довжині. У відповідному кожусі розташований електровентилятор.

Ежекторні повітроохолоджувачі підсилюють теплопередачу стельових батарей камер шляхом обдування труб струменем повітря, утвореного соплом ежектора. Повітря з камери подається до ежектора під тиском за допомогою вентилятора відцентрового типу.

Вологі повітроохолоджувачі характеризуються контактною передачею тепла повітря до розсолу, що змочує розвинену поверхню насадок. У форсуночних повітроохолоджувачах охолодною поверхнею є «факели бризок». Переваги вологих повітроохолоджувачів: простота конструкції, немає необхідності в трубах. Недоліки: значні опори проходу повітря, відкрита система циркуляції розсолу, його розрідження вологою з охолоджуваного повітря.

Зрошувальні повітроохолоджувачі мають на сітках шар порцелянових кілець у вигляді пустотілих циліндриків, що змочуються розсолем. При діаметрі 25 мм, такій же висоті й товщині стінок 3 мм кільця створюють велику поверхню, що змочується, – близько $220 \text{ м}^2/\text{м}^3$. Над робочим шаром кілець висотою близько 300 мм для відділення з повітря бризок розсолу розташовується відбійний шар кілець висотою близько 150 мм. Охолоджений розсіл подається насосом у ринви для зрошення робочого шару кілець, а розсіл, що утеплівся на $1...2^\circ$, стікає назад у випарник для охолодження. Зрошувальні повітроохолоджувачі виготовляються також із випарними секціями в нижній частині бака.

Різновидом зрошувального й постаментного повітроохолоджувачів є вологий вертикальний повітроохолоджувач типу МВВ-Ш.

Форсуночні повітроохолоджувачі застосовуються головним чином для кондиціювання повітря. Охолоджена в окремому випарнику вода подається насосом через «гребінку» до форсунок, що створюють «факели бризок», назустріч яким вентилятором засмоктується охолоджуване повітря. Для відділення захоплених повітрям водяних бризок установлюють відповідні відбійники. Після деякого переохолодження повітря для одержання заданої вологості його підігрівають калорифером.

На ринку України різними компаніями пропонуються повітроохолоджувачі марок **Guentner, Basetec, Thermofin, GEA Goedhart, GEA Kueba, Alfa Laval, Thermokey, Lu-Ve Contardo, ECO, Garcia Camara, S.E.R** та ін.

Шведська компанія **Alfa Laval** є світовим лідером у області теплообміну, сепарації й потокопровідного обладнання. Повітряні теплообмінники, такі як повітроохолоджувачі, конденсатори й охолоджувачі рідини виробляються на заводі компанії в Італії. Спектр пропонованих повітроохолоджувачів дозволяє вирішити більшість завдань із охолодження камер або виробничих приміщень.

Найбільш популярними повітроохолоджувачами **Alfa Laval** є серія **AlfaCubic**, призначена для малих і середніх холодильних камер обсягом від 10 до 400 м³ (рис. 4.2).



Рисунок 4.2 – Підвісний повітроохолоджувач Alfa Laval AlfaCubic

У цій серії випускаються повітроохолоджувачі безпосереднього випару (DX), аміачні повітроохолоджувачі з насосною подачею й гліколеві, ропні. Теплообмінник повітроохолоджувачів виготовлений із мідних труб із внутрішнім оребренням номінального діаметра 12 мм (повітроохолоджувачі безпосереднього кипіння) або гладких труб із нержавіючої сталі номінального діаметра 16 мм (в аміачних повітроохолоджувачах із насосною подачею). Труби оснащені гофрованими алюмінієвими ребрами. Як опція можливе захисне епоксидне або катодорезне покриття теплообмінного блока для роботи в корозійно-небезпечних умовах.

Корпус AlfaCubic виготовлений із попередньо пофарбованих алюмінієвих панелей зі спеціальним покриттям, що дозволяє експлуатувати обладнання в складних умовах. Як опція можливе виготовлення корпуса з нержавіючої сталі. Вентилятори приводяться від однофазних електродвигунів із захистом IP54. Убудований тепловий захист із термоконтактами забезпечує надійне

запобігання перегріву електродвигуна. Вентилятори можуть оснащуватися насадками **AlfaStreamer**, що дозволяють збільшити довжину повітряного струменя. Також можлива установка адаптера для приєднання повітроводів (рис. 4.3).



Рисунок 4.3 – Стельовий 4-х потоковий повітроохолоджувач Alfa Laval AlfaTop

Як додаткове обладнання поставляються такі пристрої відтавання: електричні й з використанням гарячого газу. Можлива комбінована система відтавання: гарячий газ подається в трубки охолодного пристрою, а за допомогою електрики нагрівається піддон для стоку конденсату. Можливе установлення кільцевого нагрівача вентилятора при роботі за дуже низьких температур. Можна робити ізоляцію дренажного піддона або його нагрівача.

До складу групи **Alfa Laval** входять також голландська компанія **Helman**, що випускає повітроохолоджувачі, в основному для камер зберігання сільськогосподарської продукції, й фінська компанія **Fincoil**, що виготовляє, крім усього, підвісні випарні батареї без вентиляторів (рис. 4.4).

Повітроохолоджувачі ЕСО – одна з найвідоміших і розповсюдженіших марок Європи. Їх перевагою є широкий діапазон продуктивності й різноманітний модельний ряд випарників. На сьогодні це моделі кубічних повітроохолоджувачів комерційної серії СТЕ й промислової серії ІСЕ; плоскі стельові повітроохолоджувачі серії МІС, STE, EVS, LFE і промислова серія стельових двопоточних повітроохолоджувачів ІДЕ. Кожний тип розроблений для певних умов охолодження, зберігання або заморожування продукції в приміщеннях різного обсягу.

Конструкція повітроохолоджувачів проста, що забезпечує легкість монтажу й експлуатації. Випарники повітроохолоджувачів випробувані затиску 30 атмосфер. Корпуси всіх повітроохолоджувачів виконані із гладкого алюмінієвого сплаву з додаванням магнію, що надає високу механічну міцність і корозійну стійкість.



Рисунок 4.4 – Підлоговий повітроохолоджувач із забором повітря спереду (Helpran)

Відтавання повітроохолоджувачів відбувається за допомогою тенів, виконаних із титану й високоякісної сталі. Швидкість потоку повітря регулюється в межах від 0,5 до 2,5 м/с.

Кубічні повітроохолоджувачі великої продуктивності типу ICE відносяться до серії промислових випарників. Це повітроохолоджувачі великої продуктивності, тому застосовуються для охолодження великих холодильних камер і в процесах повітряної заморожування продукції. Продуктивність цього типу випарників коливається від 12 кВт до 191 кВт. Виконання з високою й низькою швидкістю обертання вентиляторів (рис. 4.5).

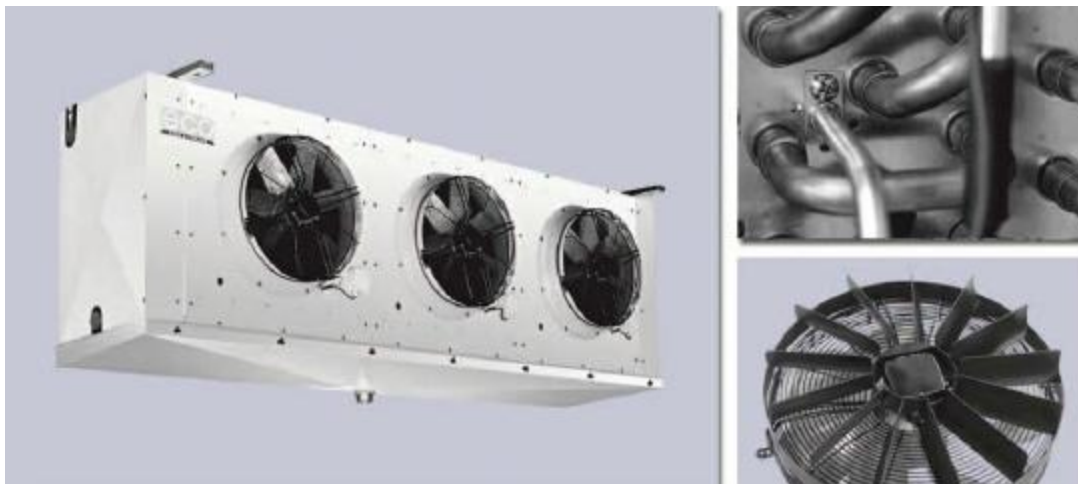


Рисунок 4.5 – Кубічні повітроохолоджувачі великої продуктивності тип ICE

Уся серія обладнана розрахованими на холодоагенти нового покоління високоефективними змійовиками, виготовленими з мідних труб із внутрішнім оребренням і алюмінієвих ребер спеціального профілю.

Відповідно до температури в камері серія підрозділяється на такі модифікації:

- ІСЕ 06 для високих і середніх температур ($\geq -15^{\circ}\text{C}$) із кроком ребер 6,0 мм;

- ІСЕ 08 – 10 – 12 для низьких температур ($\geq -35^{\circ}\text{C}$) із кроком ребер 8,0...10,0 і 12,0 мм, рекомендується виконання з електричним відтаванням (ED).

Двигуни вентиляторів у стандартному виконанні мають такі характеристики:

- діаметри 450, 560 і 630 мм, із зовнішнім ротором, живлення трифазною напругою 400 В, 50...60 Гц, дві швидкості, сталеві захисні ґрати з епоксидним покриттям;

- ступінь захисту IP 54;

- клас ізоляції В (F для O 630 мм);

- убудоване реле теплового захисту;

- робоча температура $-40...+40^{\circ}\text{C}$.

Виконання зі стандартною електричною системою відтавання (ED), обладнані нагрівачами з нержавіючої сталі з покритими гумою наконечниками для трифазної напруги 400 В, 50...60 Гц (рис. 4.6).

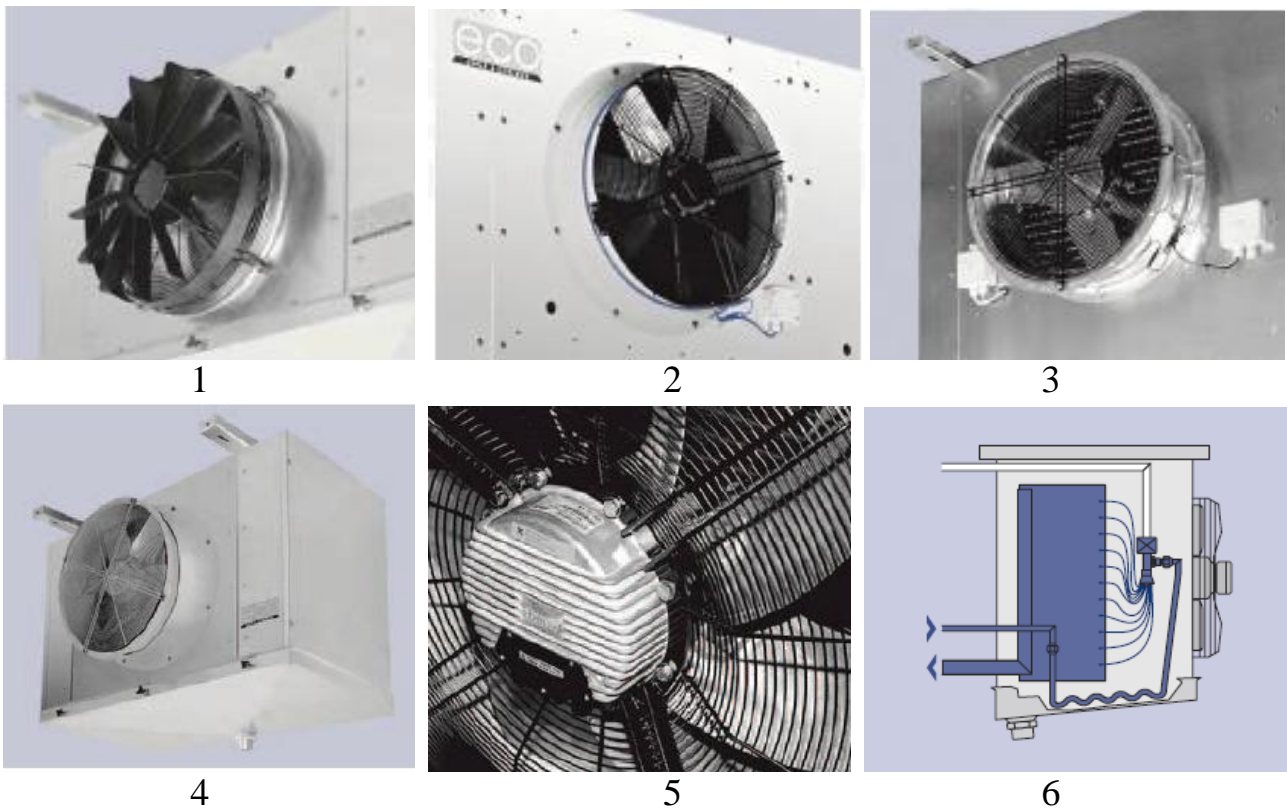


Рисунок 4.6 – Додаткові опції та спеціальне виконання: 1 – стрімери; 2 – додаткове відтавання вентилятора; 3 – модель для скороморозильних апаратів із інтенсивним рухом повітря; 4 – двигуни вентиляторів $\varnothing 710$ мм; 5 – енергозберігальні двигуни; 6 – відтавання гарячими парами

На рисунку 4.7 наведено габаритні розміри повітроохолоджувача з діаметром вентилятора 450 мм.

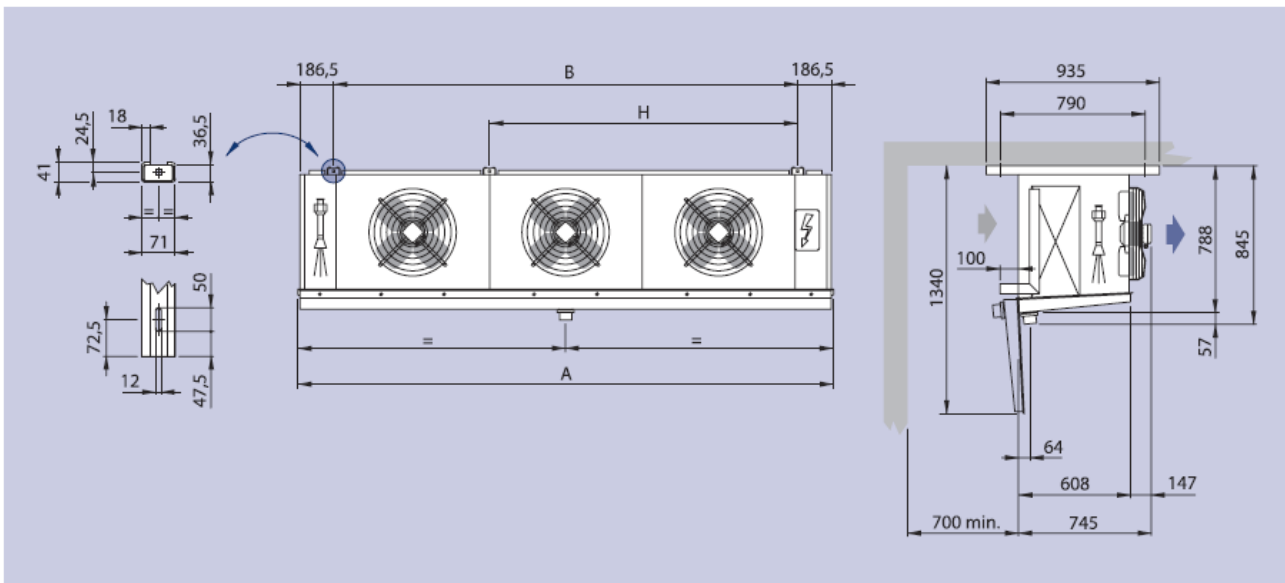


Рисунок 4.7 – Габаритні розміри повітроохолоджувача ECO серії ICE з діаметром вентилятора 450 мм

Кубічні повітроохолоджувачі малої потужності STE

Повітроохолоджувачі з безпосереднім охолодженням серії STE призначені для холодильних камер для зберігання свіжих і заморожених продуктів.

Універсальний тип, завдяки своїй компактності ідеальний для широкого застосування в системах охолодження. Оптимальна довжина продуву до 25м дає можливість застосовувати цей тип випарників у більших камерах. Можливий крок ребер: 3,5/6,0/8,5 мм. дозволяє застосовувати їх як для процесів зберігання, охолодження й заморожування продукції в невеликих камерах. Продуктивність серії від 1,5 кВт до 29 кВт (рис. 4.8). Компактність апарата дозволяє максимально використовувати простір камери, у якій він установлений.

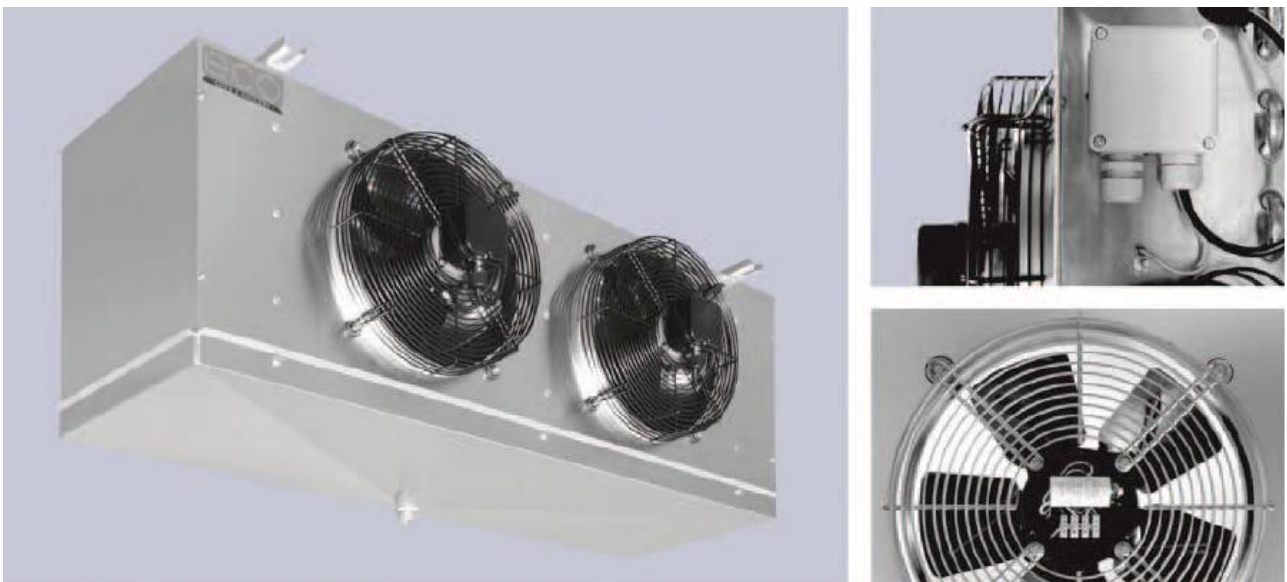


Рисунок 4.8 – Кубічні повітроохолоджувачі малої потужності STE

Уся серія обладнана розрахованими на холодоагенти нового покоління високоефективними змійовиками, виготовленими з мідних труб із внутрішнім оребренням і алюмінієвих ребер спеціального профілю.

Відповідно до температури в камері серія поділяється на такі модифікації:

- **СТЕ НЗ** для високих температур ($\geq +2^{\circ}\text{C}$) із кроком ребер 3,5 мм;
- **СТЕ Е4 - А4** для високих температур ($\geq +2^{\circ}\text{C}$) із кроком ребер 4,0 мм;
- **СТЕ М6 - Е6 - А6** для середніх температур ($\geq -15^{\circ}\text{C}$) із кроком ребер 6,0 мм, рекомендується виконання з електричним відтаванням (ED);
- **СТЕ L8 - Е8 - А8** для низьких температур ($\geq -35^{\circ}\text{C}$) із кроком ребер 8,5 мм, обладнані системою електричного відтавання (ED).

У цій серії застосовуються різні типи стандартних двигунів вентиляторів:

- а) діаметр 250 мм, з екранованим полюсом, живлення однофазною напругою 230 В, 50...60 Гц, армовані скловолокном поліамідні захисні ґрати;
- б) діаметр 315 мм, із зовнішнім ротором, живлення однофазною напругою 230 В, 50...60 Гц, убудований конденсатор, сталеві з епоксидним покриттям захисні ґрати;
- с) діаметр 350 мм, із зовнішнім ротором, живлення однофазною напругою 230 В, 50...60 Гц, убудований конденсатор, сталеві з епоксидним покриттям захисні ґрати;
- д) діаметр 500 мм, із зовнішнім ротором, живлення трифазною напругою 400 В, 50...60 Гц, сталеві з епоксидним покриттям захисні ґрати.

Усі моделі мають такі характеристики:

- ступінь захисту IP 44 (IP 54 для діаметра 500 мм);
- клас ізоляції В (F для діаметра 350, 500 мм);
- убудоване реле теплового захисту;
- робоча температура мінус 35...+40°C.

Серія зі стандартною електричною системою відтавання (ED) обладнана нагрівачами з нержавіючої сталі з покритими гумою наконечниками для трифазної напруги 400 В, 50...60 Гц.

На рисунку 4.9 наведено габаритні розміри повітроохолоджувача з діаметром вентилятора 250 мм.

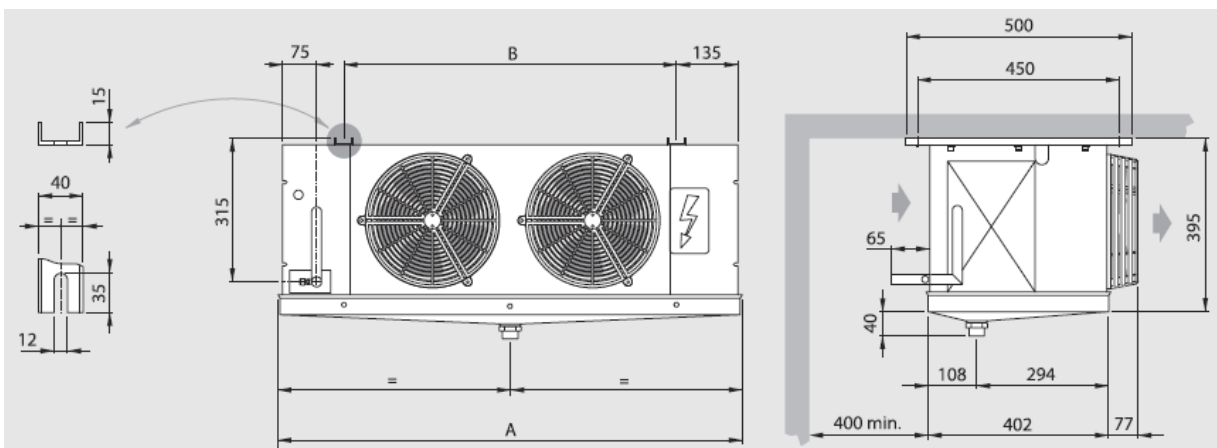


Рисунок 4.9 – Габаритні розміри повітроохолоджувача ЕСО серії СТЕ з діаметром вентилятора 250 мм

Стельовий плоский повітроохолоджувач типу DFE

Серія повітроохолоджувачів DFE із двостороннім виходом потоку повітря була спеціально розроблена для встановлення в холодильних камерах із обмеженою висотою для зберігання свіжих або заморожених продуктів.

Завдяки середній глибині продуву ідеальний для застосування в робочих приміщеннях (кондиціонування) і для застосування в камерах зберігання продукції, чутливої до змін температури. Крок ребрення в цьому типі: 3,5...7 мм. Серія випускається із частотою обертів вентиляторів двох типів (низькою й високою), що дозволяє регулювати довжину повітряного потоку й продуктивність повітроохолоджувача (рис. 4.10).



Рисунок 4.10 – Стельовий плоский повітроохолоджувач типу DFE

Ці моделі обладнані двошвидкісними двигунами вентиляторів, що дозволяє працювати в режимі нормальної або обмеженої вентиляції (для зниження шуму).

Вся серія обладнана розрахованими на холодоагенти нового покоління високоефективними зміювиками, виготовленими з мідних труб із внутрішнім ребренням і алюмінієвих ребер спеціального профілю.

Відповідно до температури в камері серія підрозділяється на такі модифікації:

- DFE H3 для високих температур ($\geq +2^{\circ}\text{C}$) із кроком ребер 3,5 мм;
- DFE L7 для низьких температур ($\geq -25^{\circ}\text{C}$) із кроком ребер 7,0 мм, рекомендується виконання з електричним відтаванням (ED).

Двигуни двошвидкісних вентиляторів мають такі характеристики:

– діаметр 315 мм, із зовнішнім ротором, живлення однофазною напругою 230 В, 50...60 Гц, убудований конденсатор, захисні ґрати з армованого скловолокном поліаміду;

- ступінь захисту IP 44;
- клас ізоляції F;
- убудоване реле теплового захисту;

– робоча температура $-35...+40^{\circ}\text{C}$.

Виконані зі стандартною електричною системою відтавання (ED), обладнані нагрівачами з нержавіючої сталі з покритими гумою наконечниками для трифазної напруги 400 В, 50...60 Гц.

На рисунку 4.11 наведено габаритні розміри повітроохолоджувача.

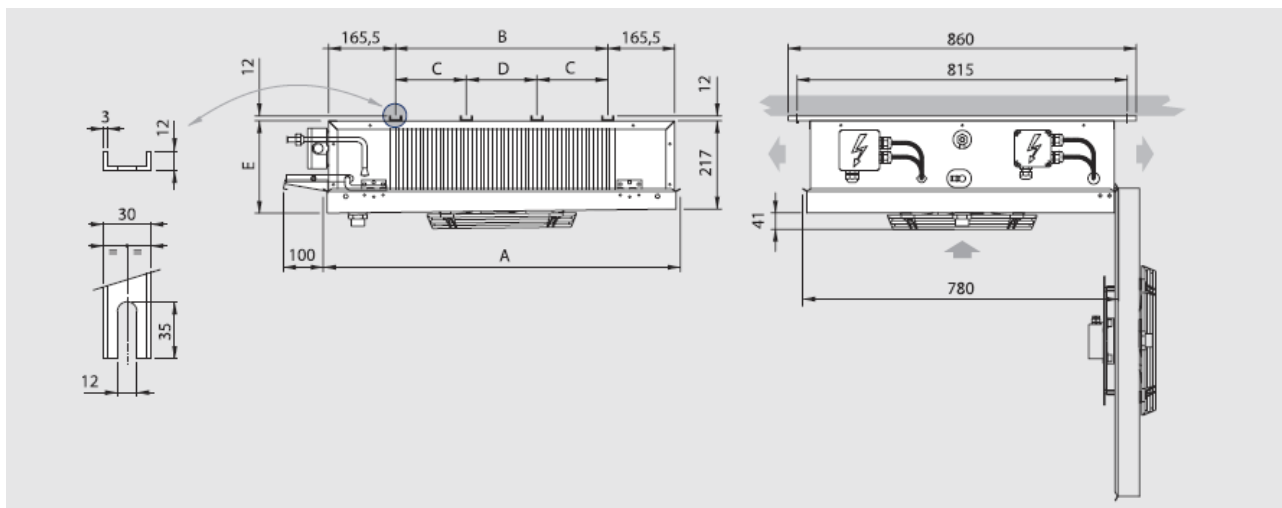


Рисунок 4.11 – Габаритні розміри повітроохолоджувача ECO серії DFE

Стельовий плоский повітроохолоджувач типу EVS

Серія EVS була спеціально розроблена для встановлення в невеликих холодильних камерах, виставочних вітринах. Крок ребер: 4,5...9 мм (рис. 4.12).

За температурою повітря ця серія поділяється на моделі двох типів:

- EVS для відносно високих температур ($\geq -12^{\circ}\text{C}$), із кроком ребер 3,5/7 мм і електричним відтаванням;
- EVS/B для більше низьких температур ($\geq -25^{\circ}\text{C}$), із кроком ребер 4,5/9 мм і електричним відтаванням.



Рисунок 4.12 – Стельовий плоский повітроохолоджувач тип EVS

Вся серія обладнана розрахованими на холодоагенти нового покоління високоефективними зміювиками, виготовленими з мідних труб і алюмінієвих ребер спеціального профілю.

Двигуни вентиляторів у стандартному виконанні мають такі характеристики:

- діаметр 200 мм, одна фаза, 230 В, 50...60 Гц, армовані скловолокном поліамідні захисні ґрати;
- ступінь захисту IP 42;
- клас ізоляції В;
- убудоване реле теплового захисту;
- робоча температура: $-35...+40^{\circ}\text{C}$.

На рисунку 4.13 наведено габаритні розміри повітроохолоджувача, а на рисунку 4.14 – додаткові опції.

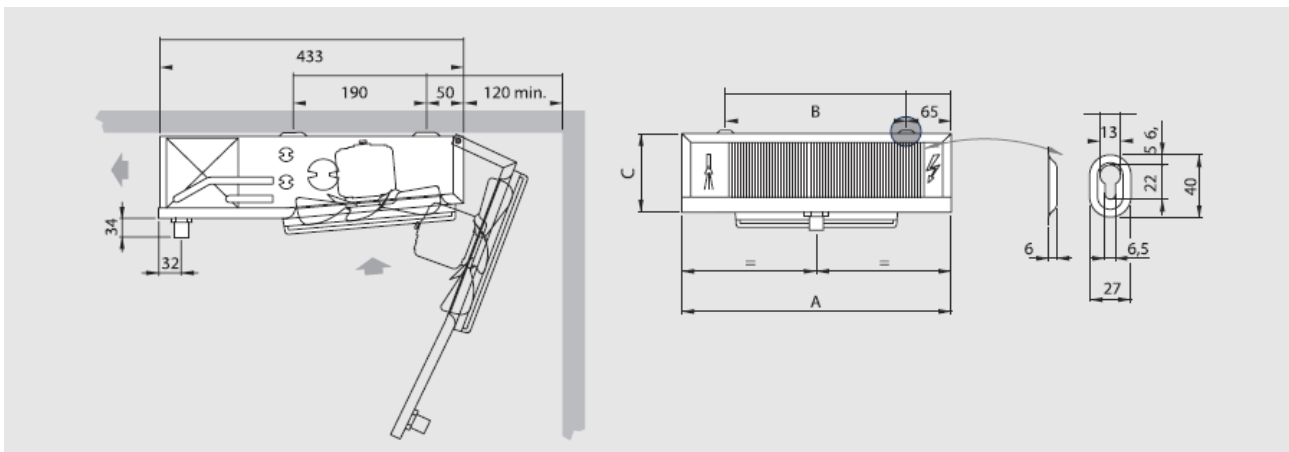


Рисунок 4.13 – Габаритні розміри повітроохолоджувача ECO серії EVS



Рисунок 4.14 – Додаткові опції повітроохолоджувача ECO серії EVS: 1 – теплообмінник; 2 – ЕС двигун; 3 – піддон для конденсату для настінних моделей

Стельовий плоский повітроохолоджувач типу LFE

Із кроком ребрення 5 мм. Завдяки невеликій швидкості повітряного потоку й двосторонньому обдуву ідеально підходять для застосування їх у камерах зберігання

товарів, що вимагають підтримання певної вологості повітря (фрукти, овочі), а також у робочих приміщеннях (рис. 4.15).

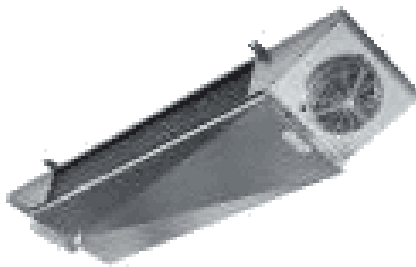


Рисунок 4.15 – Стельовий плоский повітроохолоджувач тип LFE

Стельовий плоский повітроохолоджувач типу МІС

Серія повітроохолоджувачів МІС із двостороннім виходом потоку повітря призначена для встановлення у виставочних вітринах і в невеликих прямокутних холодильних камерах (рис. 4.16).



Рисунок 4.16 – Стельовий плоский повітроохолоджувач типу МІС

Вся серія обладнана розрахованими на холодоагенти нового покоління високоефективними змійовиками, виготовленими з мідних труб і алюмінієвих ребер спеціального профілю.

Крок ребер для всієї серії становить 4,5/9 мм (для температури повітря \geq мінус 25°C).

Двигуни вентиляторів у стандартному виконанні мають такі характеристики:

- діаметр 230 мм, одна фаза, 230 В, 50...60 Гц, армовані скловолокном поліамідні захисні ґрати;
- ступінь захисту IP 42;
- клас ізоляції В;
- убудоване реле теплового захисту;
- робоча температура –35...+40°C.

Виконані зі стандартною електричною системою відтавання (ED), обладнані нагрівачами з нержавіючої сталі з покритими гумою наконечниками для однофазної напруги 230 В, 50...60 Гц.

На рисунку 4.17 наведено габаритні розміри повітроохолоджувача.

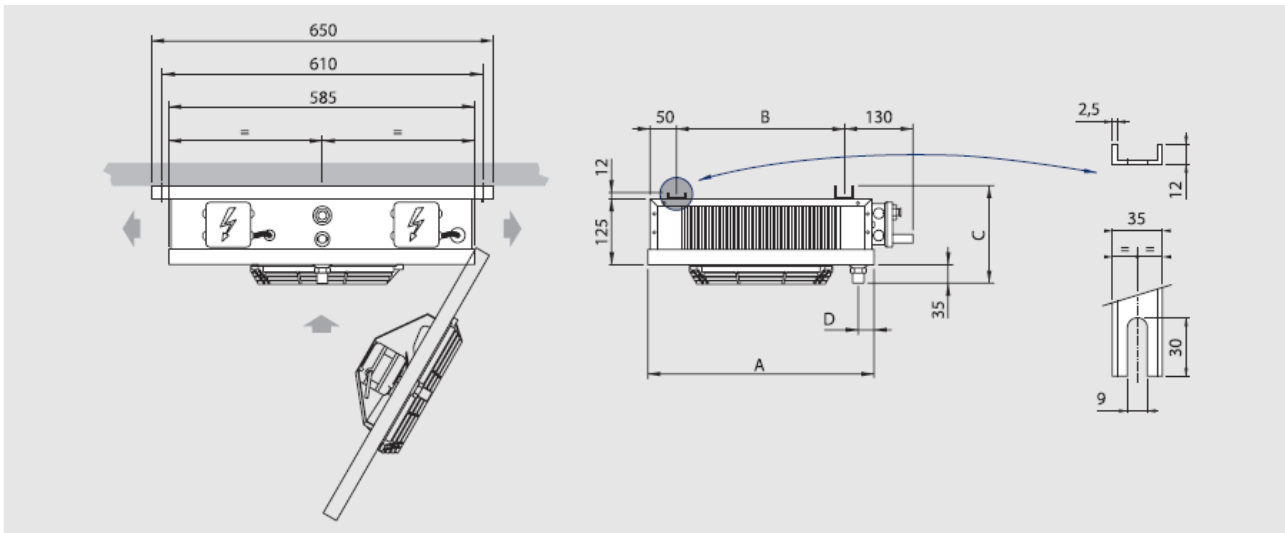


Рисунок 4.17 – Габаритні розміри повітроохолоджувача ECO серії MIC

Промисловий стельовий плоский повітроохолоджувач типу IDE

Серія повітроохолоджувачів IDE із двостороннім виходом потоку повітря була спеціально розроблена для встановлення в великих холодильних камерах із обмеженою висотою для зберігання свіжих або заморожених продуктів. Високопродуктивні блоки (батареї) виготовлені зі спеціально профільованих алюмінієвих ребер і мідних труб, що забезпечує можливість їхньої роботи на будь-яких холодоагентах нового покоління. Характеризуються високою продуктивністю. Крок оребрення – 4,5; 7; 10 мм. Завдяки плоскій формі й великій площі теплообміну, а також двосторонньому обдуву застосовуються в камерах схову з температурою від $+10^{\circ}\text{C}$ до -35°C . Можливе включення вентиляторів повітроохолоджувачів на велику й малу швидкості обертання, що дозволяє регулювати їхню продуктивність (рис. 10.18).

Вся серія обладнана розрахованими на холодоагенти нового покоління вискоефективними змійовиками, виготовленими з мідних труб із внутрішнім оребренням і алюмінієвих ребер спеціального профілю.

Відповідно до температури в камері серія поділяється на такі модифікації:

IDE-4 для високих температур ($\geq +2^{\circ}\text{C}$) із кроком ребер 4,5 мм;

IDE-7 для середніх температур ($\geq -25^{\circ}\text{C}$) із кроком ребер 7,0 мм, рекомендується виконання з електричним відтаванням (ED).

IDE-10 для низьких температур ($\geq -35^{\circ}\text{C}$) із кроком ребер 10,0 мм, рекомендується виконання з електричним відтаванням (ED).

Двигуни вентиляторів у стандартному виконанні мають такі характеристики:

- діаметри 450 і 560 мм, із зовнішнім ротором, живлення трифазною напругою 400 В, 50...60 Гц, дві швидкості, сталеві захисні ґрати з епоксидним покриттям;
- ступінь захисту IP 54;
- клас ізоляції В;
- убудоване реле теплового захисту;
- робоча температура $-40...+40^{\circ}\text{C}$.



Рисунок 4.18 – Промисловий стельовий плоский повітроохолоджувач типу IDE

На рисунку 4.19 наведено габаритні розміри повітроохолоджувача, а на рисунку 4.20 – додаткові опції.

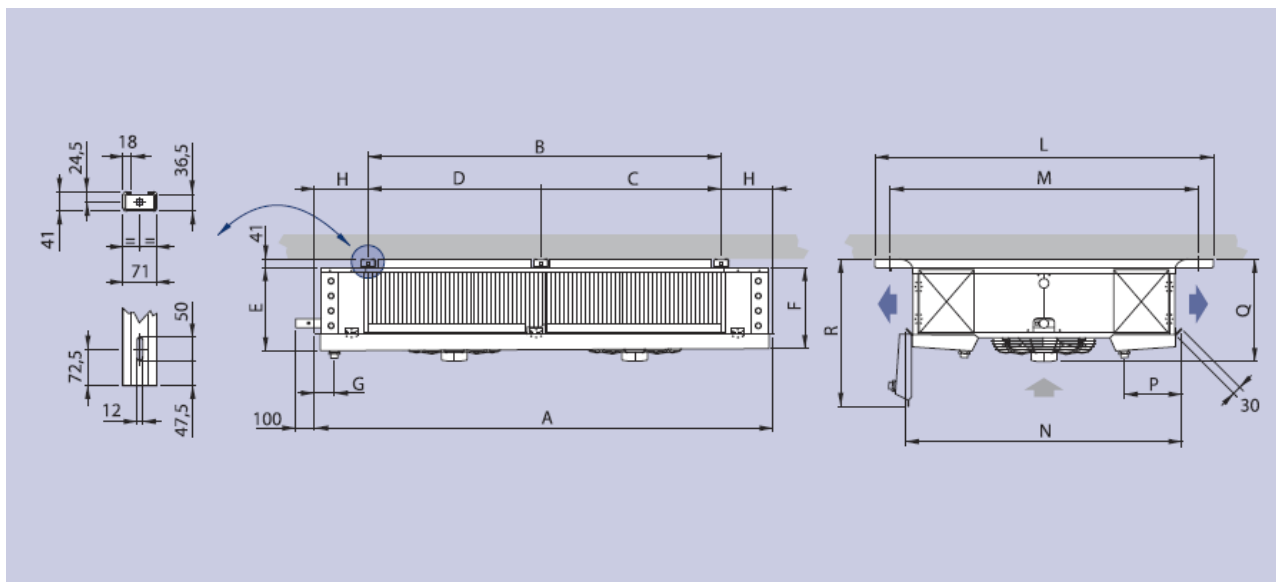


Рисунок 4.19 – Габаритні розміри повітроохолоджувача ECO серії IDE



Рисунок 4.20 – Додаткові опції: 1 – зворотній повітряний потік під час заморожування; 2 – піддон для конденсату з подвійною ізоляцією

Повітроохолоджувачі підлогового типу

Серія SRE була розроблена з урахуванням основних вимог у сегменті охолодження продуктів харчування відповідно до ефективності й економічності в тих випадках, коли необхідне швидке охолодження (рис. 4.21). Моделі цього ряду спеціально спроектовані для швидкозаморозильних камер і є ідеальним рішенням для різноманітних установок (камер різних розмірів).

Серія SRE – охолоджувачі підлогового типу, що складаються з вертикальних модулів із двома горизонтальними продувами повітря. Для цього ряду моделей існує три різних діаметри вентиляторів (500, 560 і 630 мм), оснащені спеціальними профілями лопатки, які гарантують відповідну повітряну циркуляцію.



Рисунок 4.21 – Повітроохолоджувачі підлогового типу

На рисунку 4.22 наведено габаритні розміри повітроохолоджувача для діаметра вентилятора 500 та 560 мм.

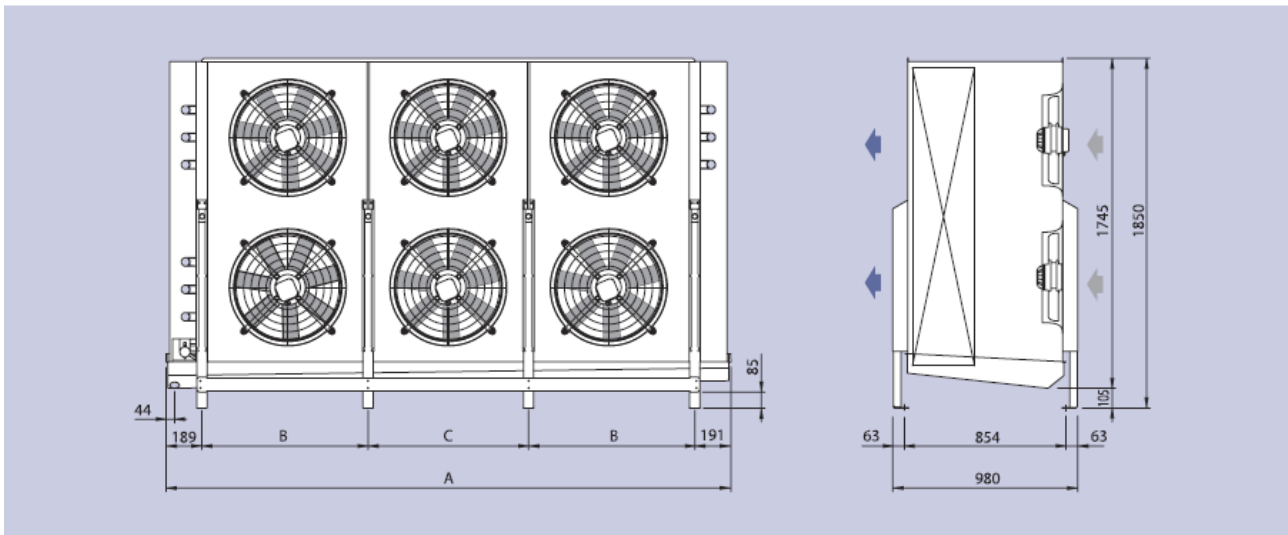


Рисунок 4.22– Габаритні розміри повітроохолоджувача серії SRE

У табл. 4.1 наведено основні характеристики деяких моделей повітроохолоджувачів ЕСО.

Шок-фростери ТЕКО

Компанія ТЕКО поставляє спеціальні повітроохолоджувачі для холодильних систем, в яких за технологією необхідне швидке заморожування обдувом повітря великої кількості продукції – шок-фростери серії WHITELINE (рис. 4.23).

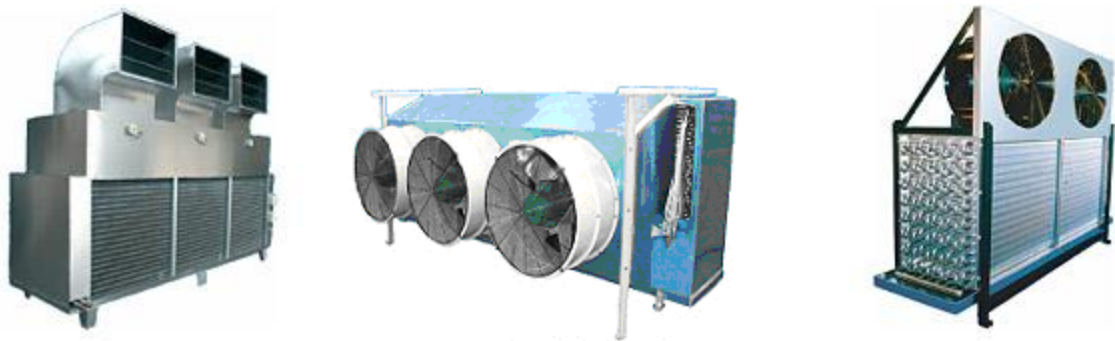






Рисунок 4.23 – Шок-фростери серії WHITELINE

Шок-фростери принципово відрізняються від повітроохолоджувачів у такий спосіб:

- збільшена відстань між ламелями оребрення теплообмінника: 15,8/7,9 мм 20,0/10,0 мм. Це приводить до того, що лід набагато довше намерзає між ламелями, чим у звичайних повітроохолоджувачах. Тому відтавання здійснюється рідше й більше залишається часу на заморожування продукту;
- збільшена потужність системи електровідтаювання шок-фростера.

Таблиця 4.1 – Інші моделі повітроохолоджувачів ЕСО

Серія	Характеристика серії	Ламельний блок	Вентилятори	Відтавання (версія)	Застосування
1	2	3	4	5	6
EP	<ul style="list-style-type: none"> • настінні випарники • 4 моделі з холодопродуктивністю від 0,55 кВт до 2,31 кВт (за $T_{кам} = 0^{\circ}\text{C}$, $\Delta T=8\text{K}$ для R404A) 	<ul style="list-style-type: none"> • рифлено-алюмінієві ламелі • проміжок між ламелями – 3,5/7 мм • мідні труби в послідовній системі з діаметром 9,52 мм • проміжок між трубами – 25×25 мм 	<ul style="list-style-type: none"> • швидкість вентиляторів – 1300 об/хв • від 1 до 3 вентиляторів з діаметром 230 мм • живлення вентиляторів – 230В/1/50Гц 	<ul style="list-style-type: none"> • електричні нагрівачі виготовлені з нержавіючої сталі з покритими гумою наконечниками • потужність нагрівачів від 300 Вт до 900 Вт (230В/1/50Гц) 	<ul style="list-style-type: none"> • холодильні меблі й невеликі холодильні камери • для застосування < мінус 5⁰С з електричним відтаванням • для застосування < мінус 12⁰С з додатковим нагрівачем піддона для поталої води
LFE	<ul style="list-style-type: none"> • плоскі стельові випарники • 5 моделей з холодопродуктивністю від 2,96 кВт до 8,43 кВт (за $T_{кам} = 0^{\circ}\text{C}$, $\Delta T=8\text{K}$ для R404A) 	<ul style="list-style-type: none"> • рифлено-алюмінієві ламелі • проміжок між ламелями – 5 мм • мідні труби в послідовній системі з діаметром 12,7 мм • проміжок між трубами – 37,5×32,5 мм 	<ul style="list-style-type: none"> • швидкість вентиляторів – 1300 об/хв • регулювання обертів за допомогою трансформатора напруги • 2 вентилятори з діаметром 250 або 315 мм • живлення вентиляторів – 230В/1/50Гц 	<ul style="list-style-type: none"> • електричні нагрівачі виготовлені з нержавіючої сталі з покритими гумою наконечниками • потужність нагрівачів від 2,55 кВт до 6 кВт (400В/3/50Гц) 	<ul style="list-style-type: none"> • приміщення з вимогою невеликої циркуляції повітря • високі й середні температури (вище мінус 10⁰С)

1	2	3	4	5	6
MTE	<ul style="list-style-type: none"> • плоскі стельові випарники • 18 моделей з холодопродуктивністю від 0,65 кВт до 3,68 кВт (за $T_{кам} = 0^{\circ}\text{C}$, $\Delta T=8\text{K}$ для R404A) 	<ul style="list-style-type: none"> • рифлено-алюмінієві ламелі • проміжок між ламелями – 4 мм або 7 мм • мідні труби з діаметром 12,7 мм • проміжок між трубами – $37,5 \times 32,5$ мм 	<ul style="list-style-type: none"> • від 1 до 4 вентиляторів з діаметром 250 мм • живлення вентиляторів – 230В/1/50Гц 	<ul style="list-style-type: none"> • електричні нагрівачі виготовлені з нержавіючої сталі з покритими гумою наконечниками • потужність нагрівачів від 450 Вт до 2625 Вт (230В/1/50Гц) 	<ul style="list-style-type: none"> • холодильні камери для зберігання свіжих і морожених продуктів • високі температури ($> 2^{\circ}\text{C}$) – відстань ламелі 4 мм • низькі температури ($> \text{мінус } 25^{\circ}\text{C}$) – відстань ламелі 7 мм
STE	<ul style="list-style-type: none"> • плоскі стельові випарники • 8 моделей з холодопродуктивністю від 1,63 кВт до 8,07 кВт (за $T_{кам} = 0^{\circ}\text{C}$, $\Delta T=8\text{K}$ для R404A) 	<ul style="list-style-type: none"> • рифлено-алюмінієві ламелі • проміжок між ламелями – 3,5 мм або 7 мм • мідні труби з діаметром 12,7 мм • проміжок між трубами – $37,5 \times 32,5$ мм 	<ul style="list-style-type: none"> • швидкість вентиляторів – 1320 об/хв • від 1 до 4 вентиляторів з діаметром 315 мм • живлення вентиляторів – 230В/1/50Гц 	<ul style="list-style-type: none"> • електричні нагрівачі виготовлені з нержавіючої сталі з покритими гумою наконечниками • потужність нагрівачів від 1,2 кВт до 5,4 кВт (400В/3/50Гц) 	<ul style="list-style-type: none"> • холодильні камери для зберігання свіжих і морожених продуктів • високі температури (відстань ламелі 3,5 мм) • низькі температури (відстань ламелі 7 мм)

Тому відтаювання здійснюється набагато швидше, ніж у звичайних повітроохолоджувачах, і більше часу залишається на заморожування продукту. До речі, у шок-фростерів WHITELINE на час відтавання теплообмінник закривається шторками, тим самим зберігається температура продукту, що заморожується;

- збільшена потужність вентиляторів. Це дозволяє створити в камері досить інтенсивну циркуляцію повітря й прискорити процес заморожування;

- особлива механічна конструкція поділу теплообмінника й блока вентиляторів. Це дозволяє встановлювати шок-фростери WHITELINE не тільки традиційно на стелі або стіні камери, але й на підлозі. Підлогове розміщення шок-фростерів можна робити впритул до стіни, що істотно скорочує «мертвий обсяг» камери й дозволяє максимально ефективно використовувати існуючий теплоізолюваний обсяг. Підлогові шок-фростери можна розміщати й островним способом (рис. 4.24).

Підсумовуючи відмінності шок-фростерів від промислових повітроохолоджувачів, можна зробити висновок про те, що шок-фростер – це не просто продуктивний повітроохолоджувач, але й принципово новий пристрій, спеціально призначений для систем швидкісного, шокового заморожування.

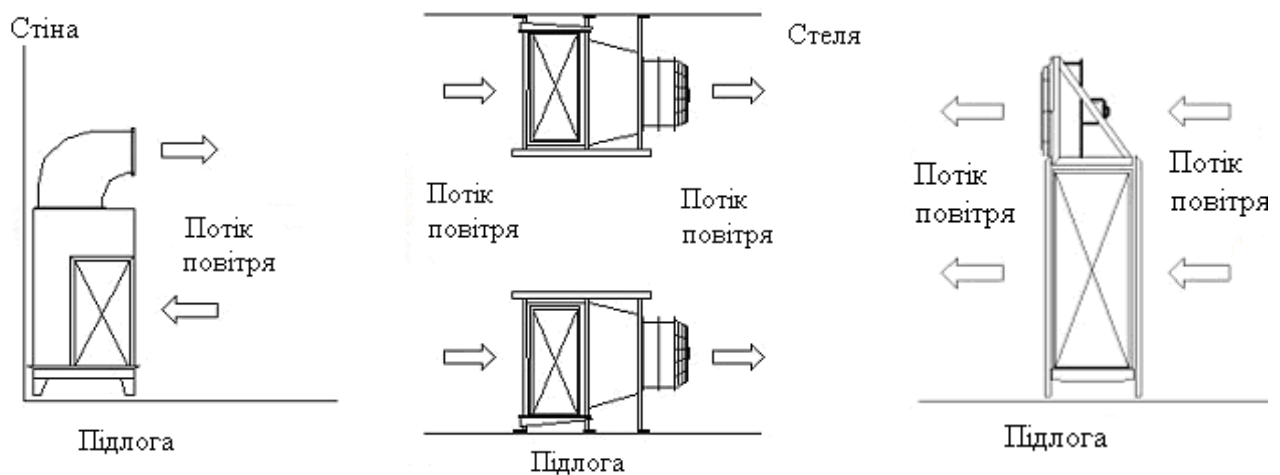


Рисунок 4.24 – Варіанти розміщення шок-фростерів

Для оцінювання різних видів повітроохолоджувачів наведемо порівняння постаментного й кубічного повітроохолоджувачів під час заморожування пельменів і напівфабрикатів 250 кг/год (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Порівняння постаментного й кубічного повітроохолоджувачів

Параметр	Тип повітроохолоджувача	
	постаментний	кубічний
Марка	ВП 28/G	GHF 050 1E/37
Площа поверхні, м ²	266	151
Об'єм повітря, м ³ /год	42000	19320
Вартість, EURO	7580	4861
Час роботи без заморожування, год	12	3
Кількість циклів розморожування на добу, шт.	2	6
Кількість робочих годин із вироблення холоду на добу, год	22	18
Кількість замороженої продукції на добу, кг	5500	4500
Кількість замороженої продукції на місяць (22 робочих дня), кг	121000	99000

4.1.2. Батарей

Залежно від виду труб батареї бувають оребреними й гладкотрубними. Внаслідок застосування оребрених батарей зменшується витрата труб, знижується металоємність охолодних приладів, а також скорочується маса холодильного агента, що перебуває у випарній системі. В останні роки в вітчизняних холодильниках стали застосовувати батареї, виконані у вигляді панелей. Залежно від конструктивного виконання батареї можуть бути змійовикові й колекторні. Колекторні бувають із горизонтальним і вертикальним розташуванням труб. Батарей можуть бути пристінні, розташовані уздовж зовнішніх або внутрішніх стін камери, а також стельові, розташовані на стелі охолоджуваного приміщення. За видом охолодного середовища батареї поділяють на батареї безпосереднього охолодження й з холодоносієм.

На вітчизняних холодильниках камери зберігання оснащуються оребреними батареями трьох типів, колекторними однорядними пристінними й стельовими; змієвиковими однорядними пристінними й стельовими; колекторними однорядними стельовими з розрідженим кроком ребер. Для компонування таких батарей передбачені секції одноколекторні, змієвикові хвостові й головні, середні, двоколекторні й змієвикові (рис. 4.25).

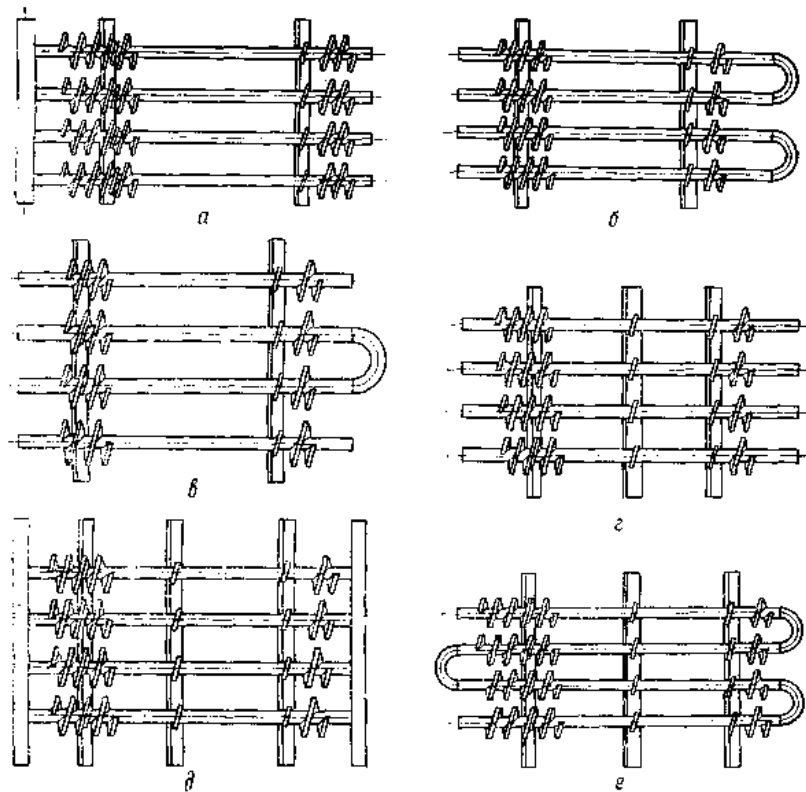


Рисунок 4.25 – Секції для компонування оребрених батарей:
а – одноколекторна; б – змійовикова хвостова; в – змійовикова головна;
г – середня; д – двоколекторна; е – змійовикова

Технічна характеристика секцій для оребрених батарей наведена в табл. 4.3.

Під час проектування камер зберігання з батареями важливо правильно розмістити охолодні прилади. За будь-якого розміщення батарей вони повинні відвести всі теплоприпливи, що проникають у приміщення й виникають у ньому. Проте вплив теплоприпливів через огороження приміщення на коливання температури й вологості повітря у вантажному обсязі камери буде найменшим, якщо батареї будуть розміщені на шляху теплоприпливів. За такого розміщення батарей вони локалізують припливи тепла й вологи в місці їхнього проникнення й не допускають їх усередину охолоджуваного приміщення. Очевидно, що батареї, насамперед, повинні розміщатися на тих огороженнях, через які проникає найбільша кількість тепла. Тому батареї доцільно розподіляти по всій поверхні огорожень із найбільшими теплоприпливами. Найпростіше це можна виконати, якщо батареї виготовлені із гладких труб. Гладкотрубні батареї рекомендується рівномірно розподіляти по стелі й зовнішніх стінах камер із кроком між трубами 180...300 мм на відстані 120...150 мм від площини огороження.

Якщо оребрені пристінні батареї не закривають всю площу стіни, то їх розміщують у верхній зоні камери на відстані 150...200 мм від площини стіни.

Холодне повітря, що рухається вниз від охолодних приладів, створює біля стіни холодну повітряну завісу.

Таблиця 4.3 – Параметри секцій батарей

Показники	Секції									
	Одноколекторні довжиною 2750 мм	Змійовикові головні довжиною 2750 мм	Змійовикові хвостові довжиною 2750 мм	Середні довжиною, мм			Двоколекторні довжиною, мм		Змійовикові довжиною, мм	
				300	450	6000	2000	4250	2000	4250
Площа поверхні охолодження, м ² , за кроку ребер 20 мм – кількість труб – 4	16,85	16,85	168,5	18,4	–	36	9,15	–	9,15	–
Кількість труб – 6	25,1	25,1	25,1	–	39	–	–	39,1	–	39,1
За кроку ребер 30 мм – кількість труб – 4	11,7	11,7	11,7	12,75	–	25,3	6,4	–	6,4	–
Кількість труб – 6	17,5	17,5	17,5	–	27	-	–	27,1	–	27,1
Маса секцій, кг, за кроку ребер 20 мм – кількість труб – 4	94,4	90,4	91	98,2	–	272	74,8	–	68	–
Кількість труб – 6	136,2	136,2	136,4	–	20,9	–	–	219	–	212
За кроку ребер 30 мм – кількість ребер – 4	74,2	70,7	70,8	76,1	–	167	60	–	52,6	–
Кількість ребер – 6	110,6	105,5	105,6	–	162	–	–	173	–	162
Висота, мм, за кількості труб – 4	640	640	640	640	–	1280	640	–	640	–
За кількості труб – 6	960	960	960	–	960	–	–	960	–	960
Середній коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м ² ·К)	5,2	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	4,8	4,8	3,8	3,8

Оребрені стельові батареї забезпечують рівномірний розподіл температури у вантажному обсязі камери. У той же час таке розташування стельових батарей створює труднощі під час зняття снігової шуби з їхньої поверхні. Крім того, через розміщення на стелі охолодних приладів зменшується висота штабеля вантажу й скорочується вантажний обсяг камери.

Наявність у камерах батарей, температура поверхні яких нижче температури повітря приміщення, приводить до відносної вологості повітря нижче 100%, а отже, до зростання усушки.

Для зменшення усушки продукту батареї іноді виносять із вантажного обсягу камери зберігання в так звану **повітряну теплозахисну оболонку** (рис. 4.26), де підтримується така ж температура, як і в камері зберігання. У результаті відсутній теплообмін між повітрям у оболонці й повітрям у камері.

Батареї, призначені для відведення зовнішніх теплоприпливів, розташовані у верхній частині повітряної теплозахисної сорочки.

Різновидом повітряної теплозахисної сорочки варто вважати **крижані екрани** (рис. 4.27), які встановлюють на відстані 400 мм від пристінних батарей. Такі екрани виготовляють із дерев'яних рам, обтягнутих грубою тканиною: мішковиною, бяззю або брезентом. Після складання рам на поверхнях тканини з боку камери протягом 10...15 днів наможується шар льоду товщиною 10...20 мм. До складу обладнання, використовуваного для наможування льоду, входить насосна установка, бак із водою (місткістю 200...300 л), система гнучких шлангів із водорозпилювачами.

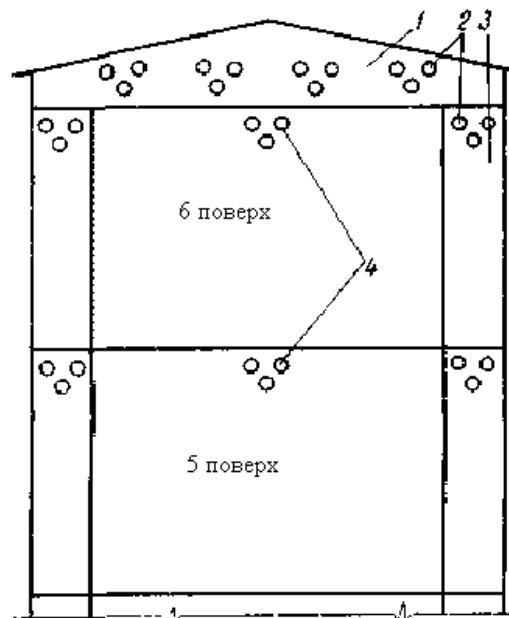


Рисунок 4.26 – Холодильник із повітряною теплозахисною сорочкою: 1 – горюче приміщення; 2, 4 – оребрені батареї; 3 – повітряна теплозахисна сорочка

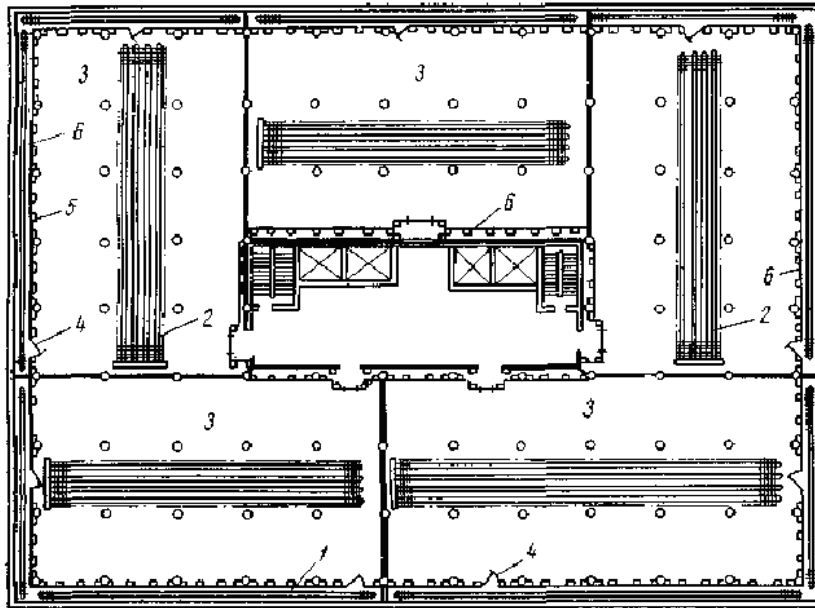


Рисунок 4.27 – Камери зберігання із крижаними екранами: 1 – пристінні оребрені батареї; 2 - стельова батарея; 3 – камера зберігання; 4 – двері; 5 – стійки для кріплення дерев'яних рам; 6 – крижані екрани

У процесі експлуатації камер із крижаними екранами відбувається сублімація замороженого льоду. У міру сублімації відбувається періодичне відновлення крижаної кірки.

Внутрішні теплоприпливи, а також теплоприпливи через перекриття розподіляються стельовими батареями, що перебувають у камері. Для зменшення усушки штабеля вантажу покривають шаром тканини, на яку також наморожують кірку льоду товщиною 20...30 мм. У камерах із крижаними екранами встановлюється підвищена відносна вологість до 90%, масові втрати зменшуються приблизно в 2 рази.

Панельні батареї встановлюються в камері так, що вони утворюють повітряну теплозахисну сорочку (рис. 4.28). Комплекс, що складається з панельних батарей і теплоізоляційних конструкцій камери, утворює панельну систему охолодження. Панельні батареї утворюють підвісну стелю. Батареї, розташовані в зовнішніх стінах із відступом від їхньої поверхні 150...200 мм, утворюють повітряний потік, що виконує роль повітряної теплозахисної сорочки.

Панельні батареї виготовляють із гладких труб із зовнішнім діаметром 38 мм, до яких приварюються сталеві листи товщиною 1,5...2 мм.

Для зменшення металоємності панельні батареї можна виконувати у вигляді льодотрубних батарей із гладких труб діаметром 25 або 38 мм із кроком 300 мм. На каркасі батареї на дерев'яних рамках кріпиться тканина або інший листовий матеріал, на якому наморожується шар льоду товщиною 40...50 мм. Крижаний екран утвориться розпиленням води через форсунки так, щоб лід заповнив простір між трубами.

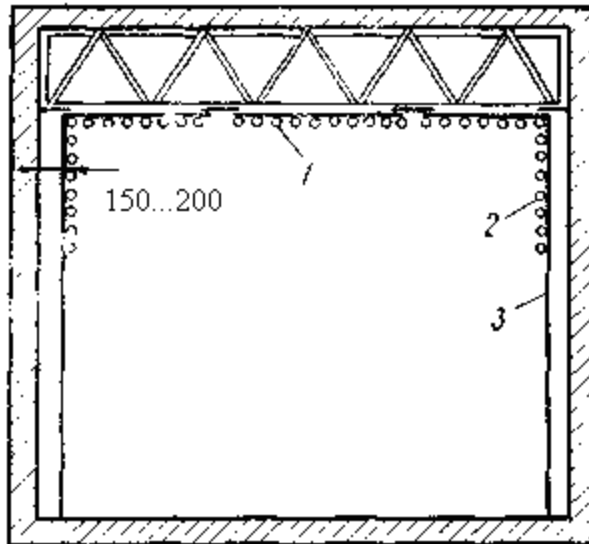


Рисунок 4.28 – Камера зберігання з панельними батареями: 1 – стельова панельна батарея; 2 – пристінна панельна батарея; 3 – паронепроникна тканина

4.2. Зволожуючі пристрої

Зволоження повітря в камерах зберігання проводять із метою регулювання його відносної вологості, яку можна підвищити збільшенням температури поверхні охолодних приладів, зменшенням їх теплопередавальної поверхні, а також подачею вологи в повітря охолоджуваного приміщення.

Щоб збільшити відносну вологість повітря в камерах зберігання, використовують пристрої для зволоження водою або паром.

4.2.1. Пристрої для зволоження повітря водою

Зволоження повітря водою проводиться форсунками або механічними розпилювачами.

Зволожуючий пристрій, який розпилює воду за допомогою пневматичних форсунок (рис. 4.29), складається з форсунок, трубопроводів для подачі стисненого повітря й води до форсунок, бачка з кульовим клапаном і сітчастим фільтром.

Стиснене повітря подається повітряним компресором до форсунок. Від масла повітря очищається масловіддільником. Вода з водопроводу направляється в бачок, а потім – до форсунок. Стиснене повітря, розширюючись на виході, може остудити форсунки на кілька градусів і заморозити воду в них навіть за плюсової температури повітря в камері.

Для запобігання замерзанню води всі трубопроводи, що підводять, і форсуночні стояки, розташовані в холодильних камерах, обігрівають електронагрівниками.

Перед форсунками встановлюють фільтри, що не дають їм засмічуватися. Для зменшення тертя води й запобігання утворенню повітряних пухирців і пробок, які впливають на рівномірність її розбризкування окремими форсунками, що підводять водянні трубопроводи до них, вони повинні бути відрегульовані за

рівнем. Крім того, запірні вентиля дозволяють за необхідності вирівнювати подачу води до них. Форсунки бувають із внутрішнім і зовнішнім змішування.

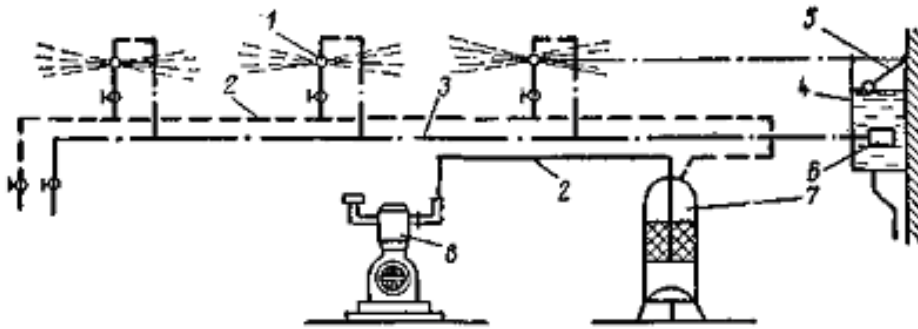


Рисунок 4.29 – Зволожуючий пристрій, що розпорошує воду за допомогою пневматичних форсунок: 1 – форсунки; 2 – трубопровід для подачі стисненого повітря; 3 – трубопровід для подачі води до форсунок; 4 – бачок; 5 – кульовий клапан; 6 – сітчастий фільтр; 7 – масловіддільник; 8 – повітряний компресор

Унаслідок змішування стисненого повітря з водою у форсунці утвориться водно-повітряна суміш, що нагнітається через її вихідний отвір у камеру зберігання. З такими форсунками тиск води повинен бути не більше, ніж на 100...150 кПа нижче тиску повітря. Щоб уникнути можливого забруднення питної води стисненим повітрям, приєднання форсунок внутрішнього змішування безпосередньо до водогінної мережі забороняється.

У форсунках зовнішнього змішування повітря й вода нагнітаються в корпус через окремі отвори й змішуються за його межами. Це усуває можливість зворотного струму повітря у водяну магістраль. Рівень води в бачку підтримується нижче вихідного отвору форсунок. У цьому випадку вода підсмоктується внаслідок ежектуючої дії струменя повітря, що виходить із форсунки. Вода направляєється до вихідного отвору, звідки вона разом із повітрям у вигляді дрібних крапельок нагнітається у вантажний обсяг камери схову. Для збільшення продуктивності форсунок вода в них може подаватися з невеликим надлишковим тиском (до 10 кПа).

Останнім часом для зволоження повітря в камерах зберігання стали застосовуватися форсунки з безпосереднім розпиленням води під високим тиском (5000...6000 кПа), що підтримується насосом. Продуктивність насоса відповідає продуктивності форсунок. Для зменшення зношування форсунок, що працюють за високого тиску води, крайки їхніх вихідних отворів виготовляють зі спеціальних твердих сплавів (карбідів). Через малі діаметри вихідних отворів необхідно застосовувати складні фільтри тонкого очищення води.

Автоматичний зволожуючий пристрій із механічним розпиленням води (рис. 4.30) складається з ротаційного розпилювача вологи, коробки керування, регулятора вологості й чутливого елемента.

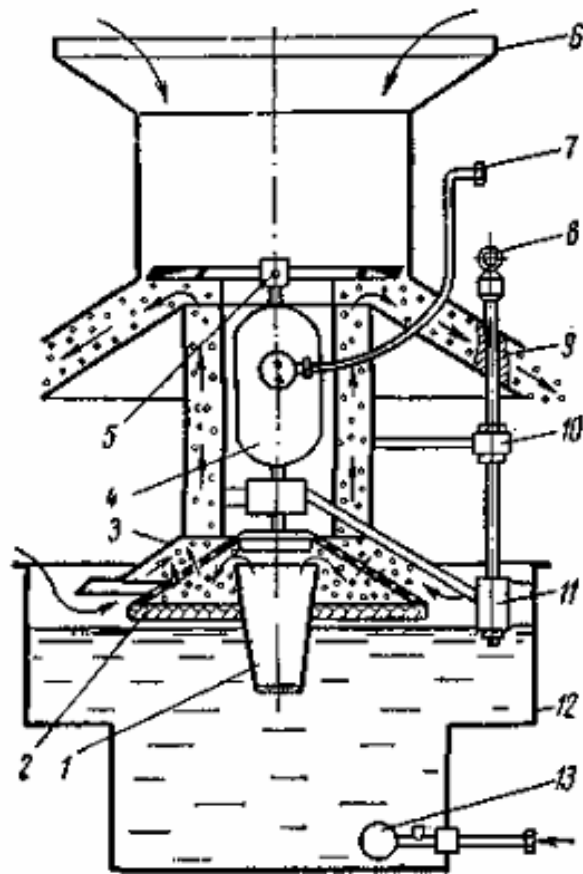


Рисунок 4.30 – Ротаційний розпилювач вологи автоматичного зволожуючого пристрою з механічним розпилювачем води: 1 – конус; 2 – диск, що розприскує; 3 – розпилювач; 4 – електродвигун; 5 – вентилятор; 6 – дифузор; 7 – кабель; 8 – кільце; 9 – втулка; 10 – опорне кільце; 11 – стійка; 12 – плексигласова посудина; 13 – поплавковий регулятор

Призначення ротаційного розпилювача вологи – розбризкування й подача дрібнодисперсних часточок води кількістю від 2 до 6 кг/год у вантажний обсяг камери зберігання. Основним елементом ротаційного розпилювача вологи є плексигласова посудина, у якій за допомогою поплавкового регулятора підтримується постійний рівень води. У плексигласову посудину поміщується конус із диском, який розприскує, що обертається електродвигуном потужністю 0,18 кВт і частотою обертання $46,5 \text{ c}^{-1}$. Під дією відцентрової сили вода через конус попадає на диск, що розприскує, з якого вона з великою швидкістю відкидається на розпилювач і перетворюється на водяний пил. Під дією повітряного потоку, створюваного вентилятором, змонтованим на осі електродвигуна, дрібнодисперсна волога надходить у камеру. Для живлення ротаційних розпилювачів вологи водою до них підводять водяні трубопроводи.

Коробка керування складається із запобіжника електричного кола з тепловим захистом, пускача, перемикача з автоматичного керування на ручне й контрольної лампочки. Всі елементи коробки керування змонтовані в металевому футлярі, що кріпиться до стіни або колони камери. За ручного керування зволожуючим пристроєм включення й вимикання ротаційного розпилювача вологи здійснюється за допомогою кнопок пускача, а за автоматичного – від регулятора вологості.

Переваги: невеликі габаритні розміри, висока точність регулювання відносної вологості повітря приміщення, невеликі енергетичні витрати, простота монтажу.

4.2.2. Пристрої для зволоження повітря парою

У холодильниках застосовують пристрої для зволоження повітря парою, що одержують за допомогою електронагрівників. Такі установки бувають із конденсатором і автоматичним парогенератором.

До складу **пристрою для зволоження повітря парою із застосуванням конденсатора** (рис. 4.31) входять кип'ятильник, призначений для одержання пари, і конденсатор, що служить для конденсації надлишкової пари, яка утворюється, коли зменшується її подача в повітря камери. Конденсація пари здійснюється водою, що подається в конденсатор. Кількість подаваної води автоматично регулюється водорегулятором. Рідина, що утворюється в конденсаторі (конденсат) зворотним трубопроводом знову направляєється в кип'ятильник. Рівень води в кип'ятильнику підтримується регулятором рівня, розташованим на трубопроводі подачі води. У кип'ятильнику вода кипить за рахунок тепла, яке підводиться до неї робочими електронагрівниками.

Застосування пристрою для зволоження повітря парою з конденсатором дозволяє ефективно використовувати воду й підтримувати відносну вологість повітря (до 95%) у камерах з температурою від 0°C і вище. Витрата електроенергії на виробництво пари й необхідність охолодження конденсатора водою – причини підвищеної вартості експлуатації такої установки.

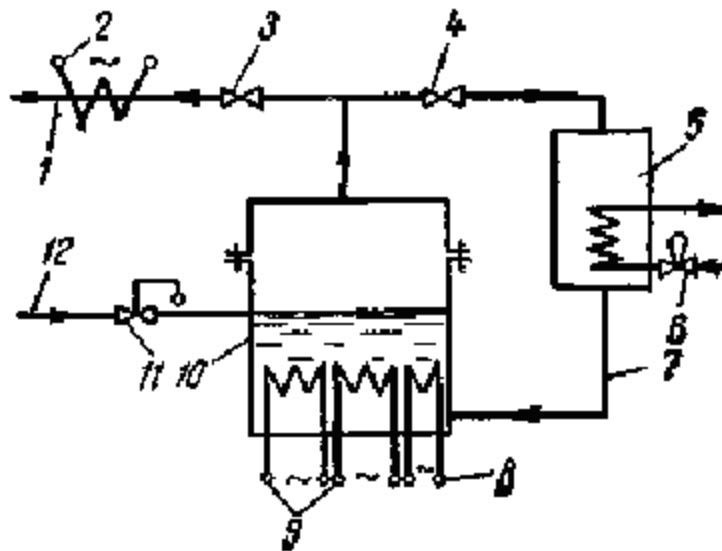


Рисунок 4.31 – Пристрій для зволоження повітря парою із застосуванням конденсатора: 1 – трубопровід, що підводить; 2 – електронагрівник для перегріву пари в трубопроводі, що підводить; 3, 4 – запірні вентилі; 5 – конденсатор; 6 – водорегулятор; 7 – зворотний трубопровід; 8 – електронагрівник води; 9 – робочі електронагрівники; 10 – кип'ятильник; 11 – регулятор рівня; 12 – трубопровід подачі води

Установка для зволоження повітря парою з використанням автоматичного парогенератора показана на рис. 4.32. Вода, що живить автоматичний парогенератор, проходить послідовно через керамічний фільтр, соленоїдний клапан і діафрагму. Системою живильних трубопроводів вода надходить в автоматичний парогенератор, де встановлені дві концентричні сітки, що є електронагрівниками. У верхній частині парогенератора передбачений простір для збирання пари, а нижня частина служить для нагромадження водяного каменя, що періодично видаляється. Пара, що утворюється в автоматичному парогенераторі, під тиском 2...2,5 кПа проходить через діафрагму й надходить у розподільний перфорований паропровід, встановлений у потоці повітря, що зволожується. Конденсат, який утвориться в розподільному перфорованому трубопроводі, конденсатовідвідником стікає у воронку й повертається в автоматичний парогенератор. Рівень води в ньому підтримується за допомогою переливної трубки. Для видалення води з автоматичного парогенератора передбачений спеціальний зливальний соленоїдний клапан.

Установка для зволоження повітря парою з автоматичним парогенератором компактна, проста за будовою, надійна в роботі. Необхідність витрати електроенергії на виробництво пари приводить до зростання вартості зволоження повітря.

Під час зволоження повітря в камерах із мінусовими температурами водяною парою або водою можливе замерзання води або конденсату в трубах і підвищене утворення снігової шуби на теплопередавальній поверхні приладів охолодження.

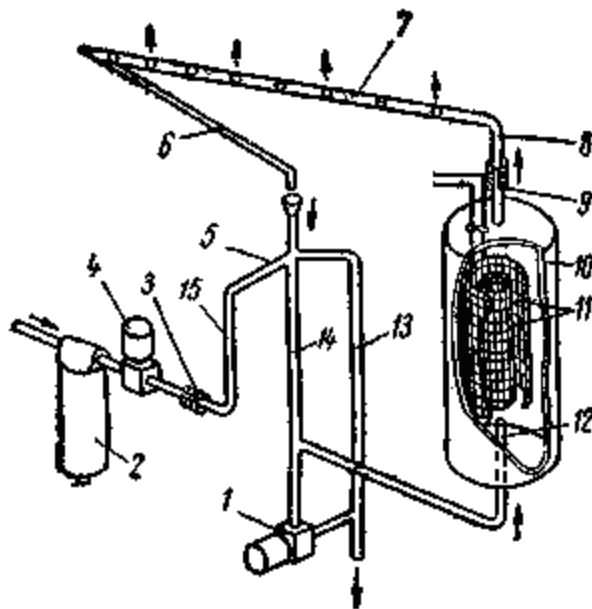


Рисунок 4.32 – Пристрій для зволоження повітря парою з автоматичним парогенератором; 1 – зливальний соленоїдний клапан; 2 – керамічний фільтр; 3, 9 – діафрагми; 4 – соленоїдний клапан; 5 – воронка; 6 – конденсатор-відвідник; 7 – розподільний перфорований трубопровід; 8 – трубопровід; 10 – автоматичний парогенератор; 11 – концентричні сітки; 12, 14, 15 – система живильних трубопроводів; 13 – переливна трубка

Застосовується пристрій для зволоження повітря в обмеженому обсязі камери, у якій підтримується мінусова температура. Звичайно для цієї мети використовується повітряний потік між штабелями вантажу й стіною, на якій розміщені охолодні прилади. У результаті зволоження в потоці утворюється зона насиченого повітря, що створює бар'єр, який перешкоджає руху вологи з вантажного обсягу камери до охолодних приладів.

Подача пари в повітряний потік здійснюється через патрубки (один патрубок на шестиметровий проліт камери). Пара, виходячи із патрубків, захоплюється й поглинається повітрям, що рухається. Рух повітря (зверху вниз) здійснюється осьовим вентилятором, що направляє його у повітропровід із соплами.

Пара, призначена для зволоження повітря, з котельні в холодильник направляється паровою магістраллю. Потім через редукований клапан пар надходить у колектор. Тиск пари в паровій магістралі повинен бути не нижче 150 кПа. Конденсат, що утвориться в колекторі й трубопроводах, виходить через конденсатовідвідник. Для відведення конденсату трубопроводи монтуються з ухилом убік конденсатовідвідника й ізолюються.

У камерах, обладнаних установкою для активного зволоження повітря в обмеженому обсязі, вологість повітря підтримується на рівні 96...98%. Із загального об'єму подаваної пари тільки 10...12% поглинаються повітрям, а основна кількість конденсується на тепло передавальній поверхні охолодних приладів і інших холодних поверхонь камери зберігання. Зволоження повітря в повітряному потоці приводить до інтенсивного утворення снігової шуби на поверхні пристінних батарей. Для її видалення батареї відтають через кожні 2...3 дні. У цьому випадку снігова шуба, що утворилася на пристінних батареях, має невелику товщину, й тривалість її відтавання не перевищує 40...50 хв.

Недоліки: складність системи трубопроводів, труднощі експлуатації охолодних приладів, необхідність створення змушеного руху повітря в повітряному потоці.

4.2.3. Механічний зволожувач повітря

На підприємствах харчової промисловості **зволожувач повітря АГ-1** використовується в:

- коптільних камерах;
- сховищах сирів;
- морозильних і холодильних камерах;
- овоче- й фруктосховищах;
- під час зберігання хлібобулочних виробів.

Зволожувач повітря розпорошує рідину до стану аерозолу (туману) з дисперсністю не більше 30 мкм (рис. 4.33). Забезпечує підтримання вологості в діапазоні від 20 до 95%, знижує температуру в приміщенні на 3...5°С, зменшує запиленість. Може експлуатуватися на воді будь-якої якості (табл. 4.4).

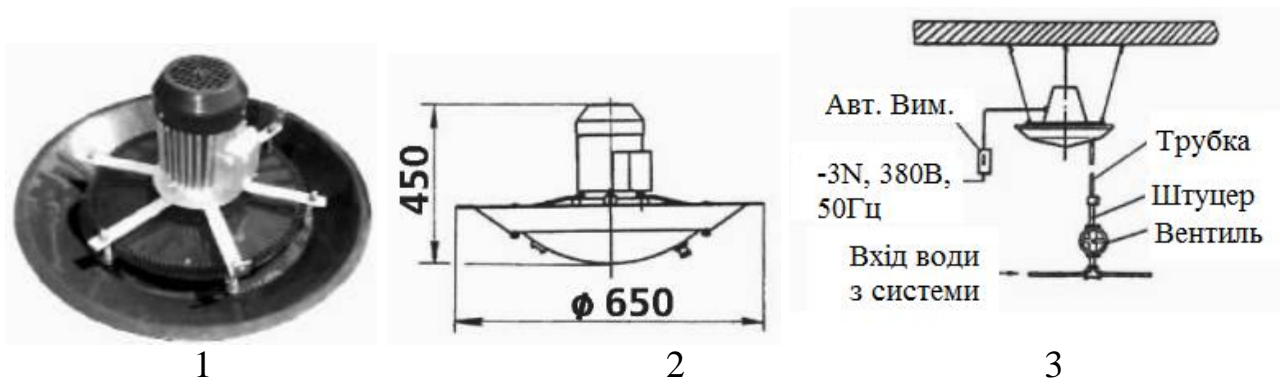


Рисунок 4.33 – Зволожувач повітря АГ-1: 1 – загальний вигляд; 2 – габаритні розміри; 3 – монтаж

Таблиця 4.4 – Технічні характеристики зволожувача повітря АГ-1

Показники	Значення
Витрата води, л/год	5–12
Діапазон регулювання відносної вологості, %	залежить від станції
Точність регулювання відносної вологості, %	залежить від станції
Продуктивність із подачі аерозолю, не менше м ³ /год	700
Потужність електродвигуна, Вт	550
Напруга живильної мережі, В	380
Тиск води на вході	не має значення
Маса, кг	14

4.2.4. Мікропроцесорний регулятор вологості й температури

Мікропроцесорний регулятор вологості й температури «МРВТ» призначений для виміру й автоматичного підтримання заданих користувачем параметрів вологості та температури у виробничих і побутових приміщеннях. Регулятор може працювати зі зволожувачами й нагрівачами будь-якого типу. Всі налаштування приладу можуть бути легко змінені користувачем і зберігаються за відключеного живлення необмежений час. Прилад простий у монтажі. Мікропроцесорний регулятор постійно вимірює поточні параметри в зоні розташування датчика й підтримує їх на заданому рівні, управляючи роботою зволожувачів і нагрівачів. Інтервал між скануваннями становить 1,5 хв. Вивід алфавітно-цифрової інформації здійснюється на шестирозрядний світлодіодний індикатор. Все керування, завдання режимів і перегляд уведених даних виконуються за допомогою трьох кнопок на панелі керування (рис. 4.34).



Рисунок 4.34 – Мікропроцесорний регулятор вологості й температури «MRBT»

4.2.5. Основи розрахунку зволожуючих пристроїв

Якщо під час розрахунку зволожуючих пристроїв у камерах зберігання задані температура повітря, технологічно необхідна відносна вологість повітря, система охолодження, площа поверхні охолодних приладів, вид, кількість і площа поверхні вантажу, що зберігається в камері, то необхідно визначити рівноважну відносну вологість повітря, що встановлюється в камері при притоку вологи тільки від усушки збережених у охолоджуваному приміщенні харчових продуктів; кількість вологи, яку необхідно подавати в приміщення для підтримання технологічно необхідної відносної вологості повітря в камері; необхідну кількість пристроїв, призначених для подачі вологи в камеру.

Рівноважну відносну вологість повітря знаходять із залежності

$$\varphi'_k = \frac{f(F) + \varphi'_0 M'}{f(F) + M'}, \quad (4.1)$$

де φ'_0 – рівноважна відносна вологість повітря;

$$f(F) = \frac{\beta \cdot n \cdot F_n}{\beta_0 \cdot F_0}, \quad (4.2)$$

де β_0 – коефіцієнт конденсації на поверхні охолодних приладів;

F_0 – площа поверхні охолодних приладів, м²;

φ'_0 – мінімальна відносна вологість повітря в камері за відсутності в ній вологоприпливів;

$$\varphi'_0 = \frac{p''_0}{p''_k}, \quad (4.3)$$

де p'_0 – тиск насиченої водяної пари в поверхні охолодних приладів, за їх середньої температури поверхні, Па;

p'_k – тиск насиченої водяної пари за температури повітря камери, Па;

M' – постійна величина для приміщення з певною температурою й певною швидкістю руху повітря;

$$M' = 1 + \frac{b_n}{A_{nc}}, \quad (4.4)$$

де b_n – коефіцієнт лінійної залежності тиску насиченої водяної пари від температури (в інтервалі температур від ± 0 до -10°C $b_n = 0,246$);

A_{nc} – психрометричний коефіцієнт.

Якщо $\varphi_{\text{до}} < \varphi_{\text{доб}}$, то повітря в камері потрібно зволожувати.

Кількість вологи, яку необхідно подавати в приміщення для підтримання технологічно необхідної вологості повітря, можна знайти за виразом

$$W_{\text{звл}} = (\varphi_k - \varphi'_k) \frac{p''_k \beta_0 F_0 [f(F) + M']}{M'}. \quad (4.5)$$

Необхідна кількість пристроїв, призначених для подачі вологи в повітря камери, складе

$$n_y = \frac{W_{\text{звл}}}{g_y}, \quad (4.6)$$

де n_y – необхідна кількість пристроїв (механічних ротаційних розпилювачів вологи), призначених для подачі вологи в повітря камер, шт.;

g_y – кількість вологи (води), що розпорошується одним механічним ротаційним розпилювачем, кг/с.

4.3. Обладнання для створення та підтримання складу газового середовища

Від інтенсивності дихання залежить швидкість дозрівання плодів і диференціація бруньок у дворічників (бульб, коренеплодів, цибулин) під час їх зберігання. Тому зниженням інтенсивності дихання продукції подовжують тривалість її зберігання.

Проте деякі плоди не можуть зберігатися за температури в холодильній камері $0...1^\circ\text{C}$ і вимагають вищих температур. Поєднання зберігання у холодильниках із зниженням вмісту кисню позитивно впливає на лежкість плодів, їх можна зберігати довше, ніж у звичайних холодильниках. Ця технологія складніша, більш затратна і застосовується для зберігання дуже високоякісних плодів яблуні, груші, винограду.

Для створення герметичної газоізоляції в камерах із застосуванням регульованого газового середовища (РГС) використовують різні конструкції та матеріали. Зокрема, поширений спосіб застосування суцільного металевого покриття стін, стелі, підлоги. Для цього зварюють оцинковані листи завтовшки 1...1,5 мм, які для запобігання корозії покривають бітумом. Цей спосіб герметизації надійний, але дорогий. На сьогодні рекомендовані інші способи та матеріали: панелі на основі поліуретанового утеплювача, облицьованого гофрованим алюмінієм та зовні покритого листом поліефірного склопластику з нанесеним на нього шаром синтетичного желатину. У Франції використовують панелі з пористого пластику (пінополістиролу), який зовні обклеєний гофрованим алюмінієм і покритий протикорозійним лаком. Стики панелей герметизують газонепроникною мастикою. Крім того, постійно стежать за герметичністю дверей.

Камеру перед використанням перевіряють на надійність герметизації, створюючи певний тиск, який повинен підтримуватись на одному рівні 20–30 хв. Іншим способом перевірки герметизації є створення в камері високої концентрації вуглекислого газу (5%), після чого перевіряють інтенсивність зниження концентрації його за добу – не більше 0,15%. Найпростішим способом перевірки герметичності є змочування мильним розчином ділянок стикування, на яких у разі пропускання газової суміші утворюється піна. Якщо в камерах у якості холодоагента використовується фреон, то місця виходу газу (після його подавання в камеру під невеликим тиском) виявляють спеціальним індикатором – галоїдною лампою.

Інколи створюється перепад тиску повітря всередині й зовні камери, що може викликати порушення її герметичності. Для запобігання цьому встановлюють водяний клапан – вмонтовану в стінку трубку, один кінець якої виходить у камеру, а другий – назовні (загнутий її кінець занурюють у воду).

Способів створення газового середовища є багато. Вони поділяються на активні та пасивні. До останніх відносять створення газового середовища самими плодами внаслідок дихання, якщо вони поміщені в закриті камери чи будь-які інші місткості. При цьому необхідний режим створюється протягом 0,5...1 міс., залежно від температури зберігання та інтенсивності дихання плодів. Цим способом користуються, коли строк зберігання треба подовжити ненадовго, застосовуючи, залежно від виду плодів, невеликі упаковки (на 2...3 кг) або ящики чи контейнери, вміщені в герметичні мішки з плівки. При такому зберіганні продукції створюють модифіковане газове середовище, в якому зберігають лише сорти яблук, груш та помідорів, які витримують концентрацію вуглекислого газу понад 3%, наприклад, Пепін шафранний, Ренет шампанський, Ренет Самиренка. При цьому важливо правильно підібрати товщину плівки, з якої роблять пакети на 3...5 кг плодів. Зазвичай вона становить 30...50 мкм. За більшої товщини плівка не пропускає будь-які гази. Тому в разі застосування товстих плівок для виготовлення великих чохлах, якими накривають кілька тонн яблук у контейнерах, їх попередньо перфориують – роблять у них отвори, через які відбувається інтенсивніший газообмін. Найкращий газовий режим для зберігання встановлюється тоді, коли в

поліетиленовій упаковці мало плодів або тільки один плід. Модифікацією останнього способу зберігання є нанесення воску на окремі плоди, що забезпечує створення газового середовища та сприяє тривалому зберіганню.

Модифіковане середовище для зберігання плодів із міцним шкірним покривом може бути таким: кисню 10% при вакуумі 49 кПа або відповідно 5% і 24,5 кПа та невелика кількість вуглекислого газу. У такому газовому середовищі в разі використання плівки завтовшки 50...60 мкм гальмується інтенсивність дихання плодів.

Під час зберігання плодів у ящиках середовище модифікують, вистилаючи середину ящика плівкою (з перекриттям) та нещільно накривши нею зверху плоди. За цієї технології зберігаються тургор плодів та газовий склад: внизу ящика міститься 1...3% вуглекислого газу, а у верхній частині – менше, тому ураження продукції грибковими хворобами обмежене.

Під товстою плівкою (понад 100 мкм) може нагромаджуватися значна кількість вуглекислого газу, що може призвести до фізіологічних розладів у плодах. Тому в синтетичну плівку вставляють вікно з силіконової плівки, проникність крізь яку вуглекислого газу набагато вища, ніж для азоту та кисню. В упаковках із силіконовими вставками вуглекислий газ, що нагромаджується, швидше дифундує назовні, а кисень, навпаки, – всередину місткостей. Промисловість серійно випускає великогабаритні контейнери місткістю 600...800 кг із силіконовими вставками. Виготовляються вони з плівки завтовшки 150...200 мкм. Усередину них ставиться піддон із ящиками, а горловину затягують гумовим джгутом. Недолік такого способу зберігання – можливість пошкодження дерев'яною тарою стінок контейнера і порушення внаслідок цього його герметичності. Зручнішим є контейнер із жорсткою основою. За його використання не потрібна додаткова тара місткістю 150...200 кг яблук або помідорів.

Для відведення тепла і вуглекислого газу з контейнерів розроблено пристрій – теплогазообмінник, який також стабілізує режим зберігання та знижує матеріальні витрати.

Недоліком герметичних поліетиленових упаковок є накопичення надмірної вологи, особливо коли вони заповнені неохолодженими плодами. Перед реалізацією продукції упаковки, вийняті з холодильних камер, треба відразу відкрити, щоб на плодах не утворився конденсат.

Недоліком модифікованого газового середовища з використанням невеликих місткостей є великі затрати праці. Тому для зберігання продукції стали створювати штучне середовище у великих герметичних камерах. Найпростішим є газове середовище, за якого гальмується інтенсивність дихання плодів після завантаження камери, внаслідок якого концентрація вуглекислого газу підвищується. При високій інтенсивності дихання (плюсової температури) надлишок вуглекислого газу відкачують за допомогою апаратів очищення, робота яких ґрунтується на здатності карбонату калію, активованого вугілля та етиламіну поглинати вуглекислий газ. Ці установки називають скруберами. Принцип їх дії полягає в очищенні повітря, засмоктуваного вентилятором з камери. Очищене повітря знову повертається в камеру.

Для швидкого створення газового середовища з підвищеною концентрацією вуглекислого газу застосовують кристалізовану вуглекислоту (сухий лід) з розрахунку 0,1 кг на 1 т продукції.

У процесі дихання плоди використовують кисень, тому під час зберігання деяких їх сортів до газового складу періодично добавляють кисень до потрібного рівня.

Завдяки використанню високопроникних та селективних кремнійорганічних газорозподільних мембран освоєно серійне виробництво газорозподільних установок для формування та автоматичного регулювання складу газового середовища в холодильних камерах. Зокрема, установка типу БАРС (блок автоматичного регулювання середовища) розрахована на 1000 т продукції. Принцип її дії ґрунтується на різній швидкості проникнення компонентів газового середовища крізь полімерну мембрану внаслідок зміни тиску газу з обох її боків. Установка швидко регулює газовий склад, працюючи в автоматичному режимі. Після заповнення камери плодами з неї викачують повітря, пропускаючи його крізь мембрану, яка знижує концентрацію кисню, потім його знову повертають у камеру. За досягнення концентрації кисню в сховищі 4...6% установку вимикають. Камеру залишають на 2...4 дні закритою. За цей час концентрація кисню зменшується в результаті дихання плодів, а концентрація вуглекислого газу підвищується. При досягненні певного вмісту вуглекислого газу установку вмикають у режим автоматичного регулювання газової суміші. Установка час від часу проводить циркуляцію суміші з камери крізь мембрану, забираючи надлишок вуглекислого газу та добавляючи кисень із повітря.

Для створення регульованого газового середовища (РГС) сконструйовано газогенератор УРГС-2Б, який працює на суміші повітря та горючих газів, наприклад пропану, після спалювання якої утворюється суміш, що складається переважно з азоту (92%) та вуглекислого газу (5%), решта – кисень (3%) та пара води. Для камери місткістю 100 т таку суміш можна одержати за 10...12 год. Одного генератора достатньо для того, щоб створити у сховищі на 1000 т плодів і 1,3 тис. т овочів належне газове середовище.

У камерах невеликої місткості РГС створюють, подаючи готову суміш газів: вуглекислого, кисню та азоту. Ці гази постачаються в сталевих балонах у стисненому стані. Для їх використання у порожньому балоні роблять потрібну суміш газів, яку періодично подають у камеру, де зберігаються плоди.

Останнім часом почали застосовувати стиснений технічний азот, який при подачі в камеру витісняє з неї повітря до необхідного вмісту кисню. Потім у процесі зберігання продукції за допомогою скрубера відкачують надлишок вуглекислого газу. Проте під час використання рідкого азоту треба враховувати те, що при перетворенні у газоподібний стан він створює холод. Тому його подають трубопроводом безпосередньо в камери до розпилювачів, які розміщені перед повітряними холодильними установками. Вентилятор постійно переміщує азот із повітрям камери, в результаті чого продукція охолоджується й насичується азотом. Надлишок вуглекислого газу відкачують скрубером, або він поглинається активованим вугіллям.

Спосіб охолодження плодів рідким азотом використовують під час транспортування плодів на великі відстані. У вагон чи авторефрежератор ставлять резервуар із рідким азотом і вприскують його через невеликі отвори в мідній трубці у верхню частину місткості. Так можна підтримувати постійну температуру в межах 1...1,5°C без значних коливань.

Під час зберігання продукції в РГС у першу-другу добу формування певного режиму проби суміші газу з камери відбирають щогодини. Під час встановлення постійного режиму газового складу суміші його перевіряють двічі на добу. Для контролю за збереженістю продукції, взяття проб, огляду повітроохолоджувачів та догляду за психрометрами один працівник входить у камеру, надівши спеціальний дихальний апарат та взявши з собою переговорний пристрій і рятівний шнур, а другий спостерігає зовні через оглядове вікно. Він має запасний дихальний апарат, балон стисненого повітря (АВС-2) або кисню (КИП-8), розрахованих на 30 хв роботи.

Перед розвантаженням камери газове штучне середовище витісняють атмосферним повітрям за допомогою скидних трубопроводів збірно-скидних колекторів (решта установки вимкнена).

У разі зберігання продукції в РГС знижуються її втрати та зберігається якість, є можливість запобігти низькотемпературним захворюванням плодів деяких сортів, подовжити тривалість їх зберігання.

Вибір того або іншого способу й обладнання для створення й підтримання необхідних газових режимів залежить від прийнятого складу газового середовища, ступеня герметичності камери, енергетичних ресурсів і економічних міркувань.

4.3.1. Будова та принцип роботи газогенераторної установки

Під час створення в камерах газового середовища штучним шляхом застосовують газогенераторні установки, у яких необхідну газову суміш одержують при спалюванні природного газу. Такі установки звичайно складаються із двох незалежних блоків – газогенератора й блока очищення, які можуть працювати спільно або індивідуально на одну чи кілька камер. Газогенератор включається в період виводу камери на заданий режим за порушення її герметичності й часткового вивантаження фруктів. За нормальної стаціонарної роботи камери включається тільки блок очищення.

У газогенераторній установці продуктивністю до 50 м³/год газове середовище утворюється у результаті спалювання природного газу.

Газогенератор являє собою безтопочну камеру згоряння, оснащену каталізатором. Газове середовище, що утворилося в камері згоряння, охолоджується повітрям і водою й через систему чотириходових кранів надходять у один із фільтрів блока очищення. Очищене газове середовище направляється в камеру зберігання.

Газогенераторна установка продуктивністю 60 кг/год складається з газогенератора й двох блоків очищення. Джерелом постачання природного газу для газогенераторної установки може служити газопровід середнього тиску, що перебуває на території холодильника, або спеціальний резервуар підземного чи

наземного зберігання очищеного газу. Тиск газу перед пальником повинен становити 5 кПа. Блок очищення складається із двох адсорберів із активованим вугіллям. У той час як один адсорбер працює в режимі поглинання вуглекислого газу, у другому відбувається регенерація активованого вугілля за допомогою зовнішнього повітря, що подається в адсорбер вентилятором (витрата повітря становить близько 100...120 м³/год).

Технічна характеристика газогенераторних установок наведена в табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Технічні характеристики газогенераторних установок

Показники	Газогенераторні установки продуктивністю, м ³ /год	
	до 50	60
Витрата: природного газу, м ³ /год	3...5	6
Зрідженого газу, кг/год	2,4...4,6	2
Води, м ³ /год	0,5	1,4
Склад газового середовища, %:		
вуглекислий газ	14	9...18
кисень	20	0,5...3
Температура газового середовища, °С	10...20	10...20
Відносна вологість, %	90...100	90...100

4.4. Фільтри. Озонатори

4.4.1. Фільтри

За наявності в повітрі великої кількості забруднень, особливо за вмісту деяких видів пилу, не змочуваних водою (сажа, вугільний пил), очищення повітря здійснюється за допомогою фільтрів контактної дії.

У таких фільтрах повітря очищається під час проходження запиленого повітря через численні безсистемно розташовані порожнечі в пористих матеріалах (металева стружка, кокс, порцелянові або металеві кільця, синтетичні волокна, тканина, папір).

У фільтрах контактної дії широко застосовують змочування фільтрувальної поверхні спеціальними сортами масел, а також металевих ґрат чистою водою або водою з домішкою емульгаторів.

4.4.2. Озонатори

Озон виробляється в озонаторах пересувного або стаціонарного типу. В озонаторах при електричному розряді високої напруги, що відбувається в повітрі, молекули двоатомного кисню повітря розщеплюються з утворенням трьохатомного озону.

Механізм дії озону: О₃ впливає на оболонку бактеріальної клітки шляхом реакції з подвійними зв'язками ліпоїдів, руйнує дегідрогінази клітки, впливає на її дихання, вміст клітки витікає, й клітка лізірується. Різні види мікроорганізмів за своєю чутливістю до озону варіюють: *Bac. subtilis*, *Bac. mesentericus*,

Staphylococcus aureus найбільш чутливі, *Proteus* *Escherichia coli* і інші менш чутливі. Цвілеві гриби чутливі до озону. Мікробактерії туберкульозу відносно високорезистентні до озону: аеробні спороутворювальні бактерії сприйнятливі до озону, у той час як спори анаеробних бактерій надзвичайно стійкі. Бактерицидні властивості O_3 зростають зі збільшенням відносної вологості повітря.

Відомо, що введення в повітря озону супроводжується утворенням у ньому легких іонів. Саме від'ємні іони озону відіграють важливу роль у забезпеченні повітряного комфорту.

У повітрі приміщень присутні речовини органічної природи (антропогенного походження й техногенної діяльності); порівняно з атмосферним повітря приміщень дуже забруднене. Озонування сприяє очищенню повітряного середовища приміщень; у результаті озонування знижується концентрація токсичних речовин, мікроорганізмів, усувається їх вплив, поліпшується самопочуття людей, знижується захворюваність.

На відміну від бактерицидних Уф-опромінювачів, які дезінфікують лише частину обсягу приміщення (прямолінійна дія), стаціонарні, енергоємні, вимагають спеціальних комунікацій; Уф-лампи до опромінювачів мають обмежений ресурс, і їхня ефективність із виробітком часом знижується, а контроль ефективності утруднений, екологічно небезпечні, вимагають заміни й утилізації, дезінфекція із застосуванням озонатора має низку переваг.

У результаті щоденного застосування озону для дезінфекції стабільно забезпечується рівень деконтамінації за повітрям – 100%, за поверхнями до 90%, знижується концентрація токсичних речовин, усуваються запахи, поліпшується самопочуття людей, знижується захворюваність. Озонатор «ОЗДВ-РІОС» у встановлених шести режимах продуктивності дозволяє стабільно одержувати в повітрі приміщень обсягом від 20 до 200 м³ за фіксований час роботи ГО 12 хв концентрації озону до 6 мг/м³, що забезпечують за 12 хв 97%, а за 60 хв дезінфекційної витримки 100% загибель санітарно показового мікроорганізму *S.aureus* за початкового рівня обсіменіння $2,4 \times 10^4 + 40\%$ КОЕ на 1 м³.

До складу **пересувного озонатора** (рис. 4.35) входять корпус, розрядна камера, вентилятор, варіатор напруги, високовольтний трансформатор, запобіжник, сигнальна лампа, вольтметр, вимикач, перемикач напруги, штепсельна вилка, блок-контакт, знімна кришка й ручки.

Розрядна камера озонатора являє собою трубчасту конструкцію, що складається з восьми металевих трубок електродів.

У кожному металеву трубку на фіксаторах встановлені скляні трубки, що мають на внутрішній поверхні струмопровідне покриття, до якого підводять змінний струм високої напруги за допомогою рознімних контактів.

Високовольтний газовий розряд коронарного типу виникає в тонкому кільцевому просторі між металевими й скляними електродами. Повітря вентилятором направляється в розрядну камеру й у зоні розряду озонується. Озоно-повітряна суміш надходить у камеру.

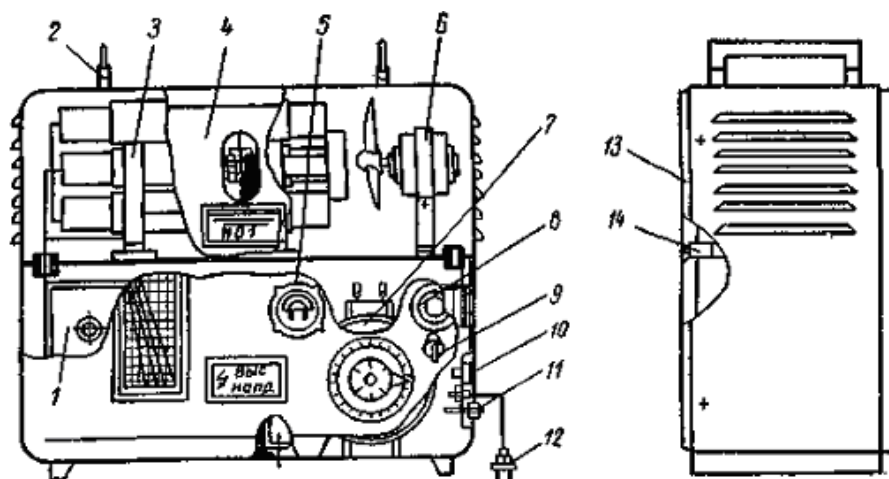


Рисунок 4.35 – Пересувний озонатор: 1 – високовольний трансформатор; 2 – ручки; 3 – камера; 4 – корпус; 5 – вольтметр; 6 – вентилятор; 7 – варіатор напруги; 8 – сигнальна лампа; 9 – вимикач; 10 – перемикач напруги; 11 – запобіжник; 12 – штепсельна вилка; 13 – знімна кришка; 14 – блок-контакт

Продуктивність генератора за озonom регулюється за допомогою варіатора напруги.

Стационарний озонатор з використанням каскадної форми електричного розряду, що порушується в неоднорідних електричних полях за тисків близьких до атмосферного (рис. 4.36), складається з корпусу, пристрою введення оброблюваного середовища, пристрою введення високої напруги, електрода малого радіуса кривизни, електрода-пластини, пристрою виводу оброблюваного середовища, прямої потоку й заземлюючої кнопки.

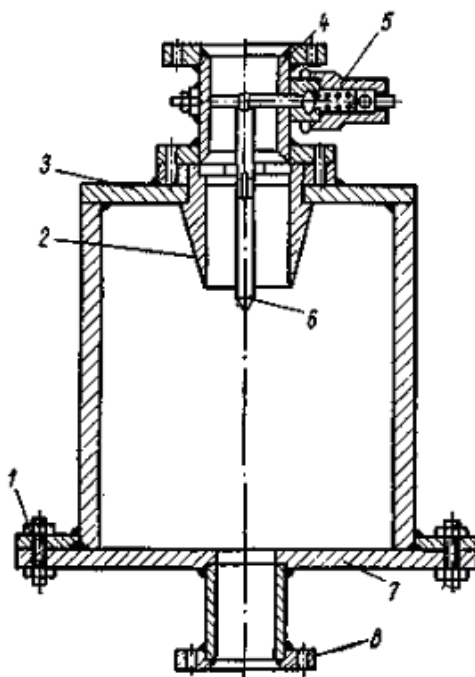


Рисунок 4.36 – Стационарний озонатор: 1 – заземлююча клемма; 2 – пряма потоку; 3 – корпус; 4 – пристрій введення оброблюваного середовища; 5 – пристрій введення високої напруги; 6 – електрод малого радіуса кривизни; 7 – електрод-пластина; 8 – пристрій виводу оброблюваного середовища

Корпус озонатора виконаний із діелектрика (оргскло або вініпласт) у вигляді циліндра із фланцями. У корпусі знаходиться електрод малого радіуса кривизни, на який через пристрій уведення подається висока напруга.

Повітря, яке озонується, вентилятором через пристрій уведення оброблюваного середовища й напрямну потоку попадає в корпус озонатора, у якому збуджуються електричні розряди каскадного типу. Напрямна потоку забезпечує рух повітря уздовж електричних розрядів, і він озонується.

Із корпуса озонатора повітря, збагачене озоном, виходить через пристрій виводу й направляється в камеру зберігання.

Такі озонатори можуть бути скомпоновані в агрегати, установлювані у повітроводі або в окремому кожусі.

Технічна характеристика озонаторів наведена в табл. 4.6.

Таблиця 4.6 – Технічна характеристика озонаторів

Показники	Озонатори	
	пересувний	стаціонарний
Продуктивність за озоном, г/год	до 12	5...30
Температура повітря, °С	+30...-45	+30...-20
Відносна вологість повітря, %	до 95	80...90
Споживана потужність, Вт	до 200	до 500

Озонатор «ОЗОН-5П» призначений для одержання озону з атмосферного повітря, що містить кисень (рис. 4.37).

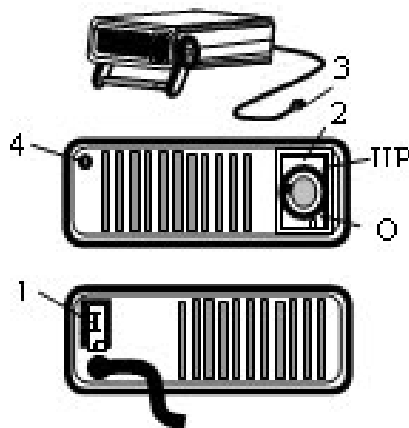


Рисунок 4.37 – Озонатор «Озон-5П»

Озонатор призначений для роботи в закритих опалювальних приміщеннях у таких умовах експлуатації:

- температура повітря від мінус 15°С до 35°С;
- відносна вологість повітря від 45 до 80% за 25°С;
- атмосферний тиск від 86 до 106 кПа (від 645 до 795 мм рт. ст.).

– навколишнє середовище – невибухонебезпечне, не утримуюче агресивних газів, пару та пилу, у тому числі струмопровідного.

Озонатор цього типу може ефективно застосовуватися для таких цілей:

- дезодорація повітря;
- детоксикація повітря;
- біологічне очищення або санація приміщень;
- демеркурація приміщень;
- зміна іонно-озонного балансу в повітрі приміщень;
- збільшення строків зберігання овочів і фруктів;
- у технології переробки й зберігання продукції птахівництва з метою підвищення їхньої збереженості й харчової цінності;

Технічні характеристики наведено в табл. 4.7.

Таблиця 4.7 – Технічні характеристики озонатора повітря «Озон-5П»

Параметр	Значення
Споживана потужність, Вт, не більше	50
Живлення від мережі 50 Гц, В	220
Габаритні розміри, мм, не більше	230×165×320
Маса, кг, не більше	2
Масова концентрація озону на виході, мг/м ³ , не менше	100
Продуктивність пза озonom, г/год	5...8

Озонатор повітря «ОЗОН-60П» призначений для одержання озону з атмосферного повітря, що містить кисень (рис. 4.38).

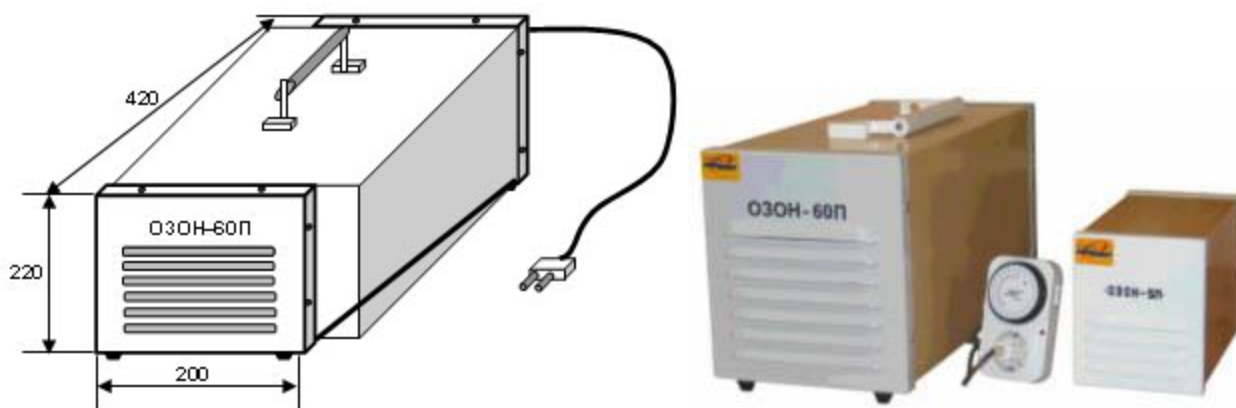


Рисунок 4.38 – Озонатор повітря «ОЗОН-60П»

Озонатор призначений для роботи в закритих опалювальних приміщеннях за таких умов експлуатації:

- температура повітря від 15°C до 35°C;
- відносна вологість повітря від 45 до 80% за 25°C;
- атмосферний тиск від 86 до 106 кПа (від 645 до 795 мм. рт. ст.).

– навколишнє середовище – невибухонебезпечне, не утримуюче агресивних газів, пару та пилу, у тому числі струмопровідного.

Озонатор цього типу може ефективно застосовуватися для таких же цілей, що й конструкція, розглянута вище.

Технічні характеристики озонатора наведено в табл.4.8.

Таблиця4.8 – Технічні характеристики озонатора повітря «Озон-60П»

Параметр	Значення
Споживана потужність, Вт, не більше	300
Живлення від мережі 50 Гц, В	220
Габаритні розміри, мм, не більше	200×220×420
Маса, кг, не більше	10
Масова концентрація озону на виході, мг/м ³ , не менше	300
Продуктивність за озоном, г/год, не менше	40

Мікроозонатор «ОЗОН-01П»

Призначений для одержання озону з атмосферного повітря й використовується для очищення повітря в приміщеннях за присутності людей (рис. 4.39).



Рисунок 10.39 – Мікроозонатор "ОЗОН-01П"

Озонатор має два режими потужності – нормальний і посилений. У нормальному режимі продуктивність озонатора така, що концентрація озону в приміщенні не перевищує ні за яких умов середньодобової ГДК (0,03 мг/м³), при цьому вільний обсяг приміщення повинен бути не менше 25 м³, а температура повітря не менше +15°С. Посилений режим використовується у разі значного забруднення повітря (сильні запахи, тютюновий дим) або в періоди епідемій грипу. Під час посиленого режиму людей із приміщення варто вивести або включити озонатор на короткий час (на одну годину).

Технічні характеристики наведено в табл. 4.9.

Таблиця 4.9 – Технічні характеристики озонатора повітря «Озон-01П»

Параметр	Значення
Споживана потужність, Вт, не більше	25
Живлення від мережі 50 Гц, В	220
Маса, кг, не більше	0,6
Продуктивність за озоном, г/год	0,1
Ступінь захисту від ураження електричним струмом	клас 2

Озонатор для дезінфекції «ОЗДВ-РІОС» призначений для дезінфекції повітря будь-якого типу приміщень різного профілю (рис. 4.40). Він складається з генератора озону (ГО) і вентилятора, змонтованих у одному корпусі. ГО генерує з кисню повітря озон до 8500 мг/год. Озон має виражену антимікробну дію відносно всього спектра патогенної мікрофлори і є універсальним, екологічно чистим, ефективним і найдешевшим дезінфікуючим агентом.

Цей апарат є на сьогодні самим портативним, легким (2,5кг) і продуктивним (8,5 г/год) озонатором. За його використання зменшується час дезінфекції, він надійний простий у експлуатації.



Рисунок 4.40 – Озонатор «ОЗДВ-РІОС»

Апарат виконаний у корпусі європейської якості, має сучасний дизайн (три виконання) і може експлуатуватися у двох положеннях: вертикальному – настінному, що дозволяє заощаджувати місце й створює відомі переваги, і горизонтальному – настільному.

Апарат простий і зручний у експлуатації. Елементи управління й контролю озонатора розміщені на корпусі. Всі тимчасові параметри фіксовані й контролювані. Стадії процесу дезінфекції озонатор відпрацьовує в автоматичному режимі. Він характеризується малою енергоємністю – не більше 50 Вт/год за сеанс.

Технічні характеристики наведено в табл. 4.10.

Таблиця 4.10 – Технічні характеристики «ОЗДВ-РІОС»

Параметр	Значення
Номінальна продуктивності за озonom, г/год	від 1,5 до 8,5
Кількість режимів	6
Час роботи в режимі генерування озону, хв	12
Обсяг оброблюваного приміщення, м ³	25, 50, 75, 100, 150, 200
Продуктивність вентилятора, м ³ /год	80
Споживана потужність, Вт	100
Маса, кг, не більше	2,5
Габаритні розміри залежно від корпусу, А, мм, В і С мм	260×270×120 280×350×160
Положення під час експлуатації універсальне	настільний горизонтальний настінний вертикальний
Час генерування озону, хв	12
Час дезінфекційної витримки, хв	60
Час витримки приміщення до ПДК, хв закритого	120
із провітрюванням через квартиру	15

Озонатори повітря «РІОС-10 (20, 40, 60, 80)-0,2» – це портативні, легкі, продуктивні, зручні й надійні в експлуатації апарати, призначені для одержання озону з атмосферного повітря, із широкими можливостями застосування в різних пристроях і технологіях, у т.ч. для дезінфекції, дезодорації й детоксикації повітря, знезаражування обладнання й продуктів харчування

Технічні характеристики озонаторів повітря наведено в табл. 4.11.

Таблиця 4.11 – Технічні характеристики озонаторів повітря «РІОС-10 (20, 40, 60, 80)-0,2»

Характеристика	Значення характеристик				
	Модель озонатора повітря «РІОС»				
	10-0,2	20-0,2	40-0,2	60-0,2	80-0,2
1	2	3	4	5	6
Номінальна продуктивність, О ₃ , г/год					
1-й режим	1,7	3,4	7	10	14
2-й режим	3,5	7	14	20	28
3-й режим	5	10	20	30	40
4-й режим	6,7	13,5	27	40	54
5-й режим	8,3	17	34	50	68
6-й режим	10	20	40	60	80
Витрата повітря, м ³ /година	200	200	200	400	400
Час роботи з таймера, година	0,5	1	2	4	8
Маса, кг	4	5	8	12	15

1	2	3	4	5	6
Габаритні розміри, мм					
- довжина	210	210	210	210	210
- ширина	280	280	280	280	280
- висота	220	220	220	380	380
Споживана потужність, Вт, не більше	120	220	450	650	900
Напруга 50 Гц, В	220				
Концентрація О ₃ на виході, г/м ³ , не більше	0,2				
Температура навколишнього середовища, °С	від -10 до +40				
Відносна вологість повітря за 20°С, %, не більше	80				
Гарантійний строк	2 роки				
Опції	фільтр вхідний пилезахисний вихідний				

Сфери застосування:

– для знезаражування обладнання, виробничих приміщень, готової продукції й вихідної сировини на м'ясо- й рибокомбінатах, молочних, консервних, виноробних і пивоварних заводах, сиросховищах, овочесховищах, фармацевтичних підприємствах;

– на борошномельних млинах й хлібокомбінатах, елеваторах для дезінфекції обладнання й приміщень, для обробки зерна, борошна й хлібобулочних виробів;

– для дезінфекції й дезодорації холодильних камер і складських приміщень, рефрижераторів, вагонів, трюмів, пакувальної тари з метою профілактики бактеріального зараження продукції й ліквідації сторонніх заходів (включаючи застарілі);

– у промислових системах вентиляції й кондиціонування, для детоксикації повітря в робочих зонах промислових підприємств і очищення викидів промислового виробництва від вуглеводнів (фенол, формальдегід, ксилол, толуол, ацетон, аміни й тощо), сірчистих з'єднань та ін.

Озонатор повітря «КУПОЛЬ» виробляє газоподібний озон для дезінфекції й дезодорації повітря, сухої дезінфікуючої обробки технологічних приміщень, складів, холодильних камер, технологічного обладнання (у тому числі ємностей і труб), знищення цвілі й дефенололізації приміщень обсягом до 250 м³. Під час знезаражування холодильних камер знищуються неприємні запахи. За озонової обробки овочевих сховищ бактерицидна дія зберігається протягом 2...3 тижнів. . Технічні характеристики наведено в табл. 4.12.

Таблиця 4.12 – Технічні характеристики озонатор повітря «КУПОЛЬ»

Параметр		Значення
Маса, кг		12,5
Габарити, мм		250×315×250
Продуктивність за озоном, г/год		8
Споживана потужність, Вт		250
Напруга в мережі, В		220
Кількість програмувальних включень/вимикань на день		7
Час однократного озонування		
Обсяг приміщення, м ³	Режим зберігання продукції, хв	Режим дезінфекції обладнання, хв
10	1	5
40	2	20
100	4,8	50
150	7	80
250	12	120

Промисловий озонатор повітря – повітроочищувач OZONE BLASTER NEW

Living Air Ozone Blaster – спеціально розроблений для дезінфекції й очищення повітря замкнених приміщень від хімічних сполук, бактерій і запахів різного походження. Ozone Blaster (рис. 4.42) забезпечує якісне очищення повітря в житлових приміщеннях, великих залах і ресторанах, нічних клубах і офісах, м'ясопереробних цехах і овочесховищах. Технічні характеристики наведено в табл. 4.13.



Рисунок 4.42 – Промисловий озонатор повітря OZONE BLASTER NEW

Таблиця 4.13 – Технічні характеристики озонатор повітря OZONE BLASTER NEW

Параметр	Значення
1	2
Обсяг приміщення, м ²	до 100
Вихід озону, мг/год	720
Тип екрана й фільтра	Багатошаровий алюмінієвий екран

1	2
Продуктивність вентилятора, м ³ /хв	9,9
Споживана потужність, Вт	30
Габарити, мм	300×247×200
Маса, кг	7
Виробник	Alpine Industries (США)

Запитання до розділу

1. Яким холодильним обладнанням оснащують камери зберігання харчових продуктів?
2. Від чого залежить вибір типу приладів для охолодження повітря в камерах зберігання?
3. Які системи охолодження повітря використовують в камерах зберігання харчових продуктів?
4. Які вимоги висувають до камер зберігання заморожених харчових продуктів?
5. У чому особливість зберігання охолоджених харчових продуктів?
6. Охарактеризуйте повітроохолоджувачі камер зберігання харчових продуктів.
7. Які батареї використовують у камерах зберігання харчових продуктів?
8. Від яких чинників залежить усихання продуктів під час їхнього зберігання?
9. Яким чином регулюють відносну вологість повітря в камерах зберігання харчових продуктів?
10. Охарактеризуйте зволожувальні пристрої камер зберігання харчових продуктів.
11. В якій послідовності виконують розрахунок зволожувальних пристроїв камер зберігання харчових продуктів?
12. Від чого залежить вибір обладнання для створення та підтримання складу газового середовища?
13. Чим відрізняються камери зберігання тваринних харчових продуктів від камер зберігання харчових продуктів рослинного походження?
14. Для чого використовують фільтри в камерах зберігання харчових продуктів?
15. З якою метою застосовують озонатори?
16. Що входить до складу пересувного озонатора?
17. Наведіть комплектацію стаціонарного озонатора.

УСТАНОВКИ ДЛЯ РОЗМОРОЖУВАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Розморожування (дефростація) – це завершальний процес холодильної обробки харчових продуктів, метою якого є максимальне відновлення їхніх первісних властивостей. Під час розморожування харчові продукти нагрівають до температури, за якої можлива їх подальша технологічна обробка.

Мета розморожування морожених харчових продуктів – їх отеплення для додання властивостей, близьких до незаморожених продуктів. Найбільш поширений спосіб розморожування – теплова обробка морожених продуктів у повітряному середовищі. За всіх способів теплової обробки морожених харчових продуктів у повітряному середовищі створюють підвищену вологість повітря в межах 85...95% (умови пароповітряного середовища).

Під час розморожування харчові продукти отеплюють до температури, за якої можлива їх подальша технологічна обробка.

Морожену м'ясу і рибну сировину розморожують до $+10^{\circ}\text{C}$, якщо вона після теплової обробки поступає на обвалювання і оброблення з метою подальшого використання в ковбасному й консервному виробництвах. Оскільки розморожена м'ясна й рибна сировина поступає на переробку для негайного використання, то під час розморожування застосовують підвищену температуру повітря на рівні $20...22^{\circ}\text{C}$ і підвищену відносну вологість 85...95%. При цьому швидкість повітря не перевищує 2,5 м/с.

Морожену м'ясу й рибну сировину в блоках отеплюють до $-5...-6^{\circ}\text{C}$, якщо вона відразу ж поступає на машинну переробку для ковбасного, консервного й інших видів виробництва.

Морожену м'ясу й рибну сировину в блоках розморожують до 0°C , якщо вона призначена для виробництва делікатесних продуктів (буженина, карбонад, язики, рибне філе та ін.). З метою збереження показників якості та зменшення втрат маси делікатесну сировину розморожують за зниженої температури повітря $10...12^{\circ}\text{C}$ (для блоків риби температуру повітря в окремих випадках підвищують до 25°C) і відносній вологості 85...95%, Швидкість циркулюючого повітря звичайно 1...2 м/с. Під час розморожування блоків риби швидкість повітря досягає 5 м/с.

Знижена температура повітря під час розморожування делікатесного м'яса і всіх видів рибної сировини пояснюється необхідністю:

- виключити підвищення температури поверхневого шару з метою зменшення усихання та збереження показників якості сировини;
- запобігти конденсації водяної пари з повітря на поверхні отеплюючих блоків під час виготовлення м'ясних і рибних продуктів.

У відділеннях виробництва м'ясних і рибних продуктів, так само як у сировинних відділеннях ковбасного й консервного виробництв, підтримують температуру 12°C і відносну вологість 70%. Температура точки роси повітря з такими параметрами рівна $6,5^{\circ}\text{C}$. Після отеплення температура на поверхні блоків $9...10^{\circ}\text{C}$, тобто $t_{\text{пов}} > t_p$. Отже, умови конденсації водяної пари виключаються. Але під час розморожування блоків у більшості випадків

конденсації водяної пари не вдається уникнути протягом всього процесу. За середніх параметрів циркулюючого повітря 10...12°C і вологості 85...95% температура його точки роси 7,5...9°C. При цьому температура поверхні розморожуваної сировини змінюється від -10...- 18°C до 9...10°C. Отже, весь процес теплової обробки блоків супроводжується конденсацією водяної пари з повітря. І лише на останній стадії розморожування, коли $t_{\text{пов}} > t_p$, з поверхні блоків випаровуватиметься волога. Тому розморожування блоків вирізки, кускового м'яса й інших видів сировини, що не має захисного шару, виконують у пакувальній плівці, що дозволяє більшою мірою підтримати санітарно-гігієнічний стан сировини.

Морожені блоки вершкового масла для виробництва фасованого продукту, упакованого в пачки заданої маси, розморожують за таких же температурних умов, як і блоки делікатесної м'ясної та рибної сировини.

У процесі розморожування м'ясної та рибної сировини за підвищеної температури повітря утеплення продуктів відбувається в дві стадії.

Перша стадія характеризується умовами конденсації водяних парів із повітря (оскільки температура поверхні мороженої сировини менше температури точки роси повітря), причому спочатку конденсат на поверхні продуктів випадає у вигляді інею, поки температура поверхні не стане вище 0°C, а потім – у вигляді води, разом із конденсатом із поверхні втрачається частина живильних речовин, і деякою мірою погіршуються початкові показники якості м'яса. Тому тривалість першої стадії прагнуть максимально скоротити.

На другій стадії, коли температура поверхні продукту стає вищою за температуру точки роси повітря, відбувається чергування періодів випаровування й конденсації вологи на поверхні. За температури повітря 20°C і середній відносній вологості 90% тривалість першої стадії складає приблизно одну четверту від загальної тривалості процесу, якщо швидкість повітря 1,5...2 м/с. В цей час нагрівально-зволожувальна система здійснює постійне підведення теплоти і вологи. Друга стадія теплової обробки мороженої сировини характеризується періодичним включенням нагрівально-зволожувальної системи за підтримання заданої температури повітря в межах $\pm 1^\circ\text{C}$.

При цьому середня температура поверхні продукту залишається майже постійною і менше, ніж середня температура повітря, приблизно на 2°C. Зміна температури поверхні складає не більше $\pm 0,3^\circ\text{C}$ за зміни температури повітря в межах $\pm 1^\circ\text{C}$.

Відносна вологість повітря підтримується в межах $\pm 5\%$ і змінюється від 85 до 95%. За різного поєднання регульованих параметрів повітря (температури й відносної вологості) чергуються періоди випаровування вологи та її конденсації на поверхні продукту.

Використовувані на сьогодні установки для розморожування харчових продуктів за способом підведення тепла до продукту, який розморожуються, можна класифікувати на установки з підведенням тепла до поверхні й обсягу продукту.

Крім цього їх можна класифікувати за видом оброблюваної сировини – для риби, нерибних об'єктів і комбіновані;
за принципом дії – періодичної й безперервної дії;
за способом нагрівання – поверхневого й об'ємного нагрівання;
за видом середовища, яке розморожує – повітряні, рідинні, паровакуумні й електричні (електротермічні й мікрохвильові);
за видом контакту з середовищем, яке розморожує – безконтактні й контактні (занурювальні, зрошувальні й комбіновані);
за характером циркуляції середовища, яке розморожує – із природною й примусовою циркуляцією;
за конструктивною ознакою – конвеєрні, камерні, тунельні, роторні;
за способом механізації – немеханізовані й механізовані;
за видом завантаження – із завантаженням блоками, поштучно, навалом;
за видом транспортних засобів переміщення продукту, який розморожується – візкові, контейнерні, конвеєрні й гравітаційні.

Крім цього дефростери можуть бути складовими частинами установок для розморожування й миття, розморожування й засолу.

5.1. Установки з підведенням тепла до поверхні продукту

Для розморожування харчових продуктів використовують установки для розморожування харчових продуктів у потоці повітря й у потоці вологого повітря; у вакуумі й воді, а також установки для комбінованого розморожування харчових продуктів у воді й повітрі.

5.1.1. Установки для розморожування харчових продуктів у потоці повітря

Установки набули широке поширення на м'ясокомбінатах. До складу установки входять канали із соплами діаметром 40 мм, призначені для подачі теплого повітря в камеру. Канали із соплами розміщені між підвісними шляхами під їхнім каркасом. Кожний канал обслуговується самостійним вентиляційно-опалювальним агрегатом, що складається з калорифера й вентилятора, установленими на каркасі підвісного шляху (рис. 5.1).

Система розподілу повітря дозволяє проводити розморожування м'яса під час завантаження будь-якої нитки підвісних шляхів камери.

Недоліки: швидкість розморожування м'яса в таких установках відносно невелика й обмежена максимально припустимою температурою поверхневого шару продукту.

Технічні характеристики наведено в табл. 5.1.

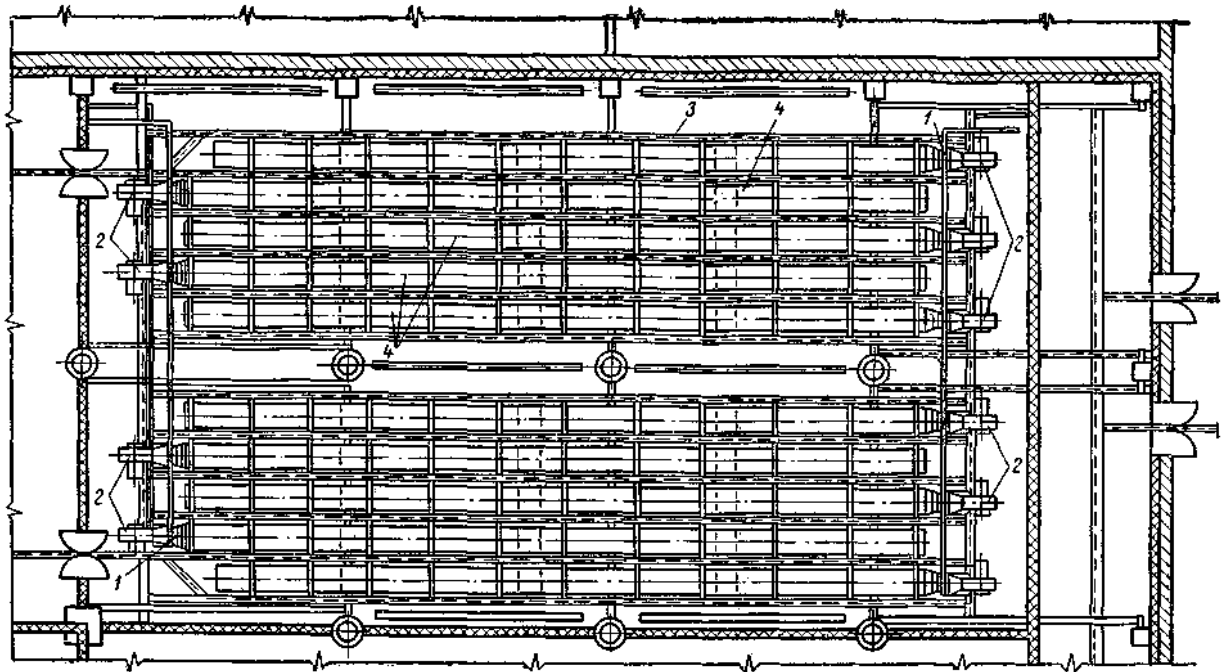


Рисунок 5.1 – Установка для разморозування м'яса в потоці повітря:
1 – калорифер; 2 – вентилятор; 3 – підвісний шлях; 4 – канали з соплами

Таблиця 5.1 – Технічні характеристики установки для разморозування в потоці повітря

Показники	Значення
Продуктивність, кг/год	200
Температура середовища, °С	20
Температура размороженого продукту, °С	1
Швидкість руху повітря, м/с	1...2
Питома споживана потужність, кВт·год	12,5
Питома витрата води (пари), кг/т	-
Тривалість разморозування, год	12

5.1.2. Обладнання для організації процесу дефростації в камерах

Установка камери дефростації призначена для забезпечення процесу разморозування риби.

Технічні характеристики:

- спосіб дефростації: обдув повітрям замороженої продукції, розміщеної на візках у водяному тумані;
- продукція, яка разморожується: заморожена риба в блоках;
- розміри 1 блока: 800×250×60×65 мм;
- вага 1 блока: 10 кг;
- розміри 1 візка: 900×1300×1725 мм;
- кількість візків, що одночасно знаходяться в 1 камері: 12 шт;
- вага вантажу на 1 візок: 550 кг;

- вага продукту, який завантажується одночасно: 6600 кг;
- тривалість процесу розморожування: 8...9 годин;
- температура вантажу, що поступає на розморожування; не нижче мінус 18°C;
- температура вантажу в кінці процесу розморожування: мінус 2°C;
- діапазон температур повітря зовні камер: +5...+28°C.

Установка складається з однієї теплоізолюваної камери з обладнанням для підтримання необхідних в процесі дефростації параметрів повітря (обладнання розміщується в кожній камері) і комплекту з 12 візків (рис. 5.2). Камера має зовнішні розміри 6670×2900×3095 мм (довжина×ширина×висота).



Рисунок 5.2 – Розташування візків в камері дефростації

Теплоізоляційним матеріалом для стін і стелі камери є самонесучі сендвіч-панелі. Теплоізоляційний матеріал – пінополіуретан. Поверхня панелей зсередини і зовні виконана з оцинкованої сталі з білим полімерним покриттям.

Корисна (робоча) висота камер регулюється підйомною стелею (рис. 5.3). Установлена потужність тенів нагрівання повітря для однієї камери складає 70 кВт.

Охолодження повітря в камері здійснюється за допомогою однієї холодильної установки. Холодильна установка збирається на базі 1одного поршневого герметичного компресора моделі MT 40 фірми Maneurop (Франція) (або моделі TAG 4540 фірми Tecumseh (Франція)). Споживана потужність компресора складає 2,7 кВт за холодопродуктивності 5,2 кВт за температури навколишнього середовища +30°C (температура конденсації + 45°C, температура кипіння -10°C), холодоагент – R22. Компресорно-конденсаторні агрегати розміщуються зовні камер, випарники – усередині.



Рисунок 5.3 – Підйомна стеля

Контроль над поточними параметрами температури повітря здійснюється трьома датчиками з комп'ютерне управлінням, розташованими на поверхні продукту, в тілі продукту і в об'ємі камери.

Управління роботою теплового та холодильного обладнання, а також уприскуванням води здійснюється за допомогою електронного програмованого контролера, відповідно до даних, що надходять від датчиків температури й вологості.

Всі елементи схеми автоматичного управління процесом дефростації, за винятком датчиків температури, вологості й виносної панелі управління, розташовуються в електричних щитах управління. Щити проектується відповідно до режиму роботи установки. Номінальна напруга – 380 В. Щити управління розташовуються зовні камер.

5.1.3. Дефростер Cabinplant TC- 2

Принцип роботи цієї камери полягає в такому. Заморожена продукція з температурою мінус 20°C, укладена на візки, поміщається в камеру (рис. 5.4).

Оператор вибирає необхідну програму розморожування на цифровому дисплеї. Процес дефростації повністю автоматизований і управляється комп'ютером. Існують 10 програм дефростації. У автоматичному режимі температура в камері спочатку піднімається до 30°C, потім знижується до 25, 20, 10°C. При цьому загальний цикл дефростації займає 2,5 години.

Запуск процесу дефростації може бути запрограмований на певний час, щоб продукція була готова до початку вранішньої зміни.

У процесі дефростації в камері підтримується потрібна вологість шляхом періодичного уприскування води. Щоб забезпечити рівномірну дефростацію продукції, напрям потоку повітря періодично змінюється, при цьому забезпечується оптимальний горизонтальний рух повітряних мас.



Рисунок 5.4 – Дефростер Cabinplant TC- 2

Технічні характеристики дефростера наведено в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Технічні характеристики дефростера Cabinplant TC- 2

Параметр	Значення
Місткість	2 візки
Продуктивність	1,5т/2,5 години
Тип продукту	заморожена в блоках риба
Розміри	3760×1426×3125 мм
Місткість візка	залежно від розміру блока близько 700 кг за товщині блока 65 мм
Матеріал камери	нержавіюча сталь

5.1.4. Дефростери серії VGKL (Китай)

Використовується холодне і чисте повітря з високою вологістю потоків, які поступають на поверхню продукту рівномірно, розморожування продукції відбувається поволі. Електричні труби опалювання (або труби парового опалювання) нагрівають воду, щоб постачати не тільки тепло, але й вологість за допомогою водяного насоса. Система охолодження контролює внутрішню температуру дефростера. Всі процеси розморожування контролюються PLC і сенсорним екраном, якими легко управляти.

Заморожені продукти можуть бути рівномірно розморожені від центра до поверхні. Після розморожування продукти виглядають, як свіжі, з невеликою памороззю на поверхні. Живильний сік повністю поглинається клітками продукту протягом процесу розморожування, що дозволяє зберегти натуральний колір і смак та зменшити втрати поживних речовин після

розморожування. Знижується коефіцієнт втрати ваги (в межах 1%), що дозволяє заводам харчової промисловості знизити втрати.

Використовується пристрій для низькотемпературного зволоження, процес розморожування поділяється на 3 етапи. Конструкція може забезпечити високу якість розморожування і в той же час зменшити його час. На рисунку 5.5а показано зовнішній вигляд камери, а на рисунку 5.5б – розташування візків всередині камери.



Рисунок 5.5 – Камера дефростації серії VGKL: а – зовнішній вигляд; б – вигляд візків всередині камери

Дезінфектор (опція) забезпечує надходження деякої кількості озону в дефростер на вході і на виході продукції, озон може знищувати бактерії усередині дефростера та забезпечує підтримання санітарних умов у області розморожування.

Технічні характеристики камери дефростації серії VGKL наведено в табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Технічні характеристики

Модель	Вихід, кг/за партію	Установлена потужність, кВт	Холодопро- дуктивність, кВт (+35/-10 °С)	Розміри камери, мм		
				L	W	H
VGKJ-100	100	2,0	47	1500	800	1500
VGKJ-1000	1000	8,8	79	3100	1500	2400
VGKJ-10000	10000	15	165	8000	4500	3200
VGKJ-30000	30000	38	320	16800	5800	3300

Застосовується сенсорний екран і PLC для контролю електричних компонентів. Можна вводити різні програми розморожування залежно від виду продуктів, і єдине, що користувачам необхідно зробити, це запустити програму.

Вона може перейти в стан свіжої консервації автоматично після розморожування, і свіжі продукти будуть доступні у будь-який час.

Дані камери широко використовується на харчових переробних заводах, які застосовують заморожені продукти як сировину, і в компаніях, які потребують безпечних і гігієнічно розморожених продуктів із невеликою втратою ваги, як при обробці м'ясних і морепродуктів.

5.1.5. Установки для розморожування харчових продуктів у потоці вологого повітря

Установки одержали широке поширення для розморожування рибного філе. Установка складається з ізолюваного контуру, вантажного конвеєра, відцентрового вентилятора, калорифера, системи зволоження повітря й повітроводів (рис. 5.6). Технічні характеристики наведено в табл. 5.4.

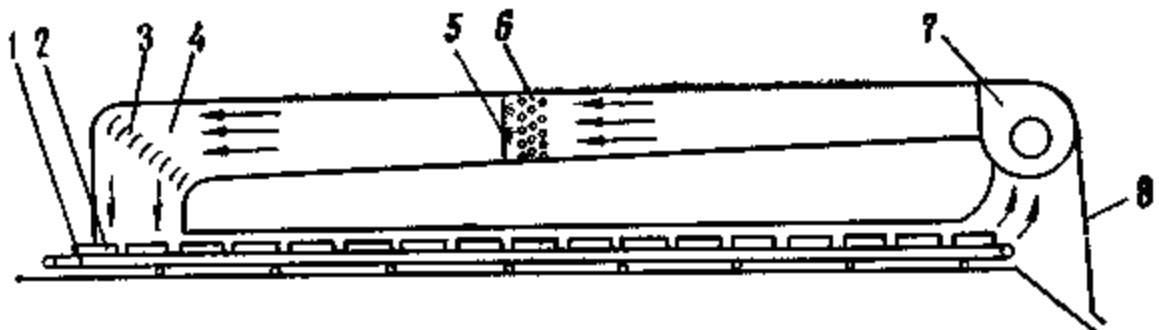


Рисунок 5.6 – Установка для розморожування блокових продуктів у потоці вологого повітря: 1 – вантажний конвеєр; 2 – блоки замороженого продукту; 3 – напрямні щити; 4 – повітропровід; 5 – система зволоження повітря; 6 – калорифер; 7 – відцентровий вентилятор; 8 – ізолюваний контур

Таблиця 5.4 – Технічні характеристики установки для розморожування у потоці вологого повітря

Показники	Значення
Продуктивність, кг/год	100
Температура середовища, °С	21...22
Температура розмороженого продукту, °С	1
Швидкість руху повітря, м/с	5
Питома споживана потужність, кВт·год	-
Питома витрата води (пари), кг/т	1,5
Тривалість розморожування, год	4...5

Заморожені блоки рибного філе подаються на стрічку вантажного конвеєра. Безупинно переміщаючись на вантажному конвеєрі, блоки обдуваються вологим повітрям, рух якого створюється відцентровим вентилятором. Для забезпечення спрямованого й рівномірного обдування продукту теплим повітрям у повітроводі встановлені напрямні щити. Відцентровий вентилятор засмоктує повітря з вантажного відсіку установки й

направляє його в калорифери й систему зволоження. Зволоження повітря здійснюється подачею гострої пари в потік повітря або безпосереднім розбризкуванням води на продукт. Швидкість руху вантажного конвеєра повинна бути такою, щоб блоки за час переміщення в апараті були розморожені. Під час розморожування продуктів у таких установках практично не відбувається втрат маси продукту.

Переваги: простота конструкції й незначні експлуатаційні й капітальні витрати.

Недоліки: недостатня інтенсивність процесу розморожування.

5.1.6. Установки для розморожування харчових продуктів у вакуумі

Розморожування блокових продуктів проводять і в установках для розморожування харчових продуктів у вакуумі (рис. 5.7).

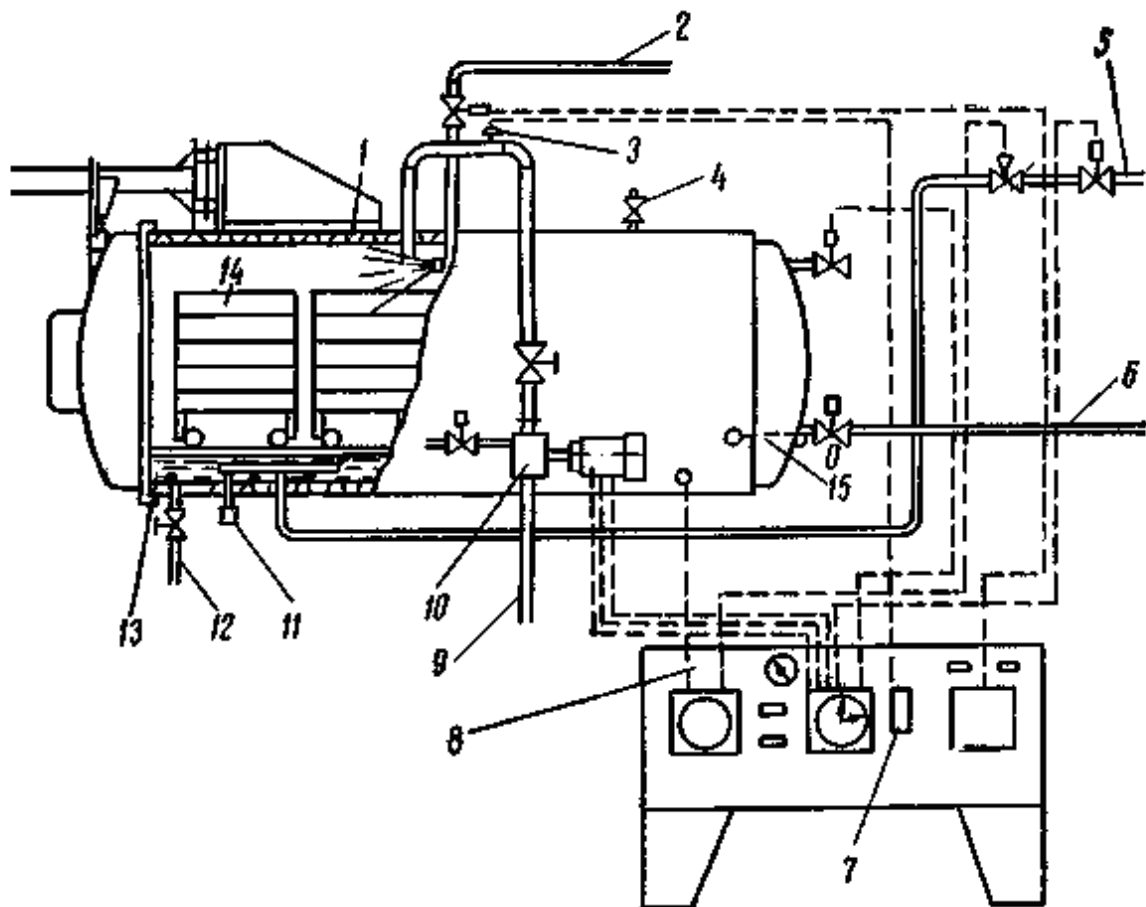


Рисунок 5.7 – Установка для розморожування блокових продуктів у вакуумі: 1 – герметична камера; 2 – трубопровід для миття; 3 – вакуумне реле; 4 – запобіжний клапан; 5 – трубопровід подання пари; 6 – трубопровід для подання води; 7 – вакуумметр; 8 – вимірювальний щит; 9 – трубопровід для відсмоктування повітря; 10 – вакуум-насос; 11 – датчик температури; 12 – трубопровід для спуску води (дренаж) із герметичної камери; 13 – вода; 14 – візки; 15 – датчик тиску

Під час розморожування продуктів у таких установках можна використовувати пару з низькою температурою й тим самим виключити негативний вплив на продукт високих температур. Установка складається з

герметичної камери (циліндричної форми) з відкидною кришкою, вакуум-насоса, трубопроводів подачі пари й відсмоктування повітря, візків, датчиків температури й тиску повітря.

Морожені блоки укладають у сітчасті касети, які розміщують на візках і направляють у герметичну камеру. Вакуумування герметичної камери здійснюється вакуум-насосом до залишкового тиску 2,6...2,8 кПа. Після цього в апарат подають водяну пару. За досягнення в установці температури 21...22°C подання пари припиняється. За температури 21...22°C, зниженому тиску й 100%-ній відносній вологості повітря в установці процес розморожування блокових продуктів інтенсивний, втрата маси продуктом мінімальна, не відбувається перегріву продукту.

Переваги: невисокі капітальні й експлуатаційні витрати.

Недоліки: періодичність роботи установки, що не дозволяє використовувати їх в потокових лініях.

Технічні характеристики наведено в табл. 5.5.

Таблиця 5.5 – Технічні характеристики установки для розморожування у вакуумі

Показники	Значення
Продуктивність, кг/год	60
Температура середовища, °C	21...22
Температура розмороженого продукту, °C	1
Швидкість руху повітря, м/с	-
Питома споживана потужність, кВт·год	64
Питома витрата води (пари), кг/т	1,2
Тривалість розморожування, год	3...4

5.1.7. Установки для розморожування продуктів зануренням у воду

Широке поширення одержали **установки для розморожування продуктів зануренням у воду** (рис. 5.8). Установка складається з ванни з водою, кошиків із блоками мороженої риби, переміщуваних ланцюговим конвеєром, відцентрових насосів, водопідігрвача, електродвигуна ланцюгового конвеєра з варіатором швидкості.

Блоки мороженої риби подаються в закріплені на ланцюговому конвеєрі кошики. Верхня гілка ланцюгового конвеєра з кошиками спочатку рухається в повітрі, а потім проходить через ванну з водою. Таким чином, у цій установці обидві гілки ланцюгового конвеєра є робочими. На верхній гілці йде повільніше розморожування блоків, а на нижній – швидше. Для інтенсифікації процесу розморожування блоків на нижній гілці у ванну подається стиснене повітря й за рахунок барботажу інтенсифікується процес розморожування. Розморожену рибу вивантажують із нижньої гілки ланцюгового конвеєра й направляють на переробку.

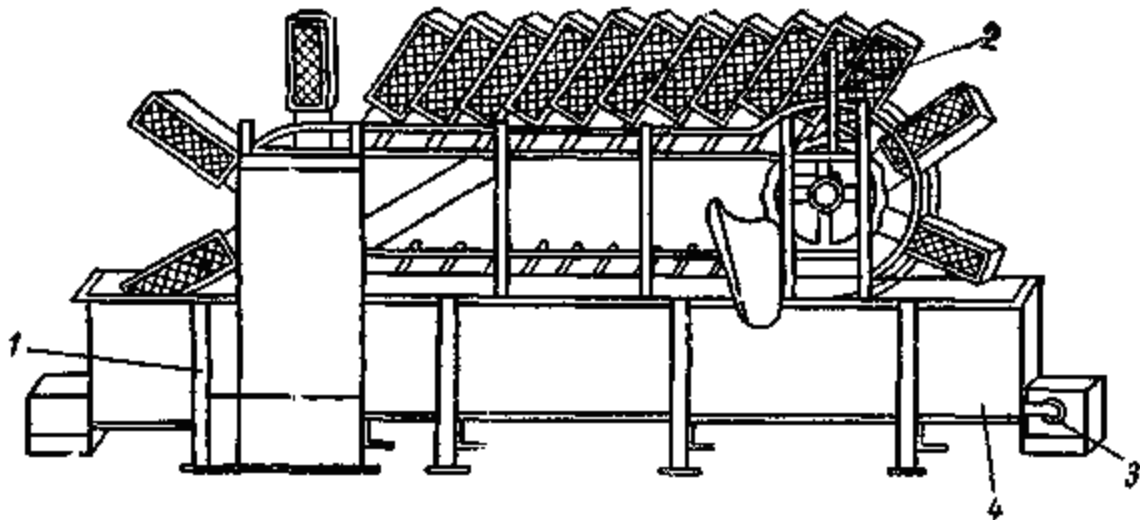


Рисунок 5.8 – Установа для розморожування продуктів зануренням у воду: 1 – каркас установки; 2 – кошики із блоками риби; 3 – відцентрові насоси; 4 – ванна з водою

Переваги: інтенсивність процесу розморожування, простота пристрою, зручність експлуатації.

Недоліки: великі витрати води, відсутність засобів механізації вантажно-розвантажувальних робіт.

Технічні характеристики наведено в табл. 5.6.

Таблиця 5.6 – Технічні характеристики установки для розморожування зануренням у воду

Показники	Значення
Продуктивність, кг/год	100
Температура середовища, °С	15...16
Температура розмороженого продукту, °С	1
Швидкість руху повітря, м/с	-
Питома споживана потужність, кВт·год	-
Питома витрата води (пари), кг/т	18
Тривалість розморожування, год	0,2...0,3

Механізований дефростер занурювального типу (рис. 5.9) призначений для розморожування брикетів мороженої сардини, оселедця, салаки, скумбрії, ставриди й інших дрібних видів риб.

Розморожування риби здійснюється під час її транспортування уздовж ванни (місткістю 16 м³) з водою, що підігрівається паром до температури 298 К. Витрата води 154 м³/год. Пара (витрати 150 кг/год) подають у паровий барботер для нагрівання води до 25°С і підтримки цієї температури протягом процесу розморожування. Для прискорення розморожування риби воду у ванні турбулізують повітрям (витрата 530 м³/год) під тиском 0,12 МПа.

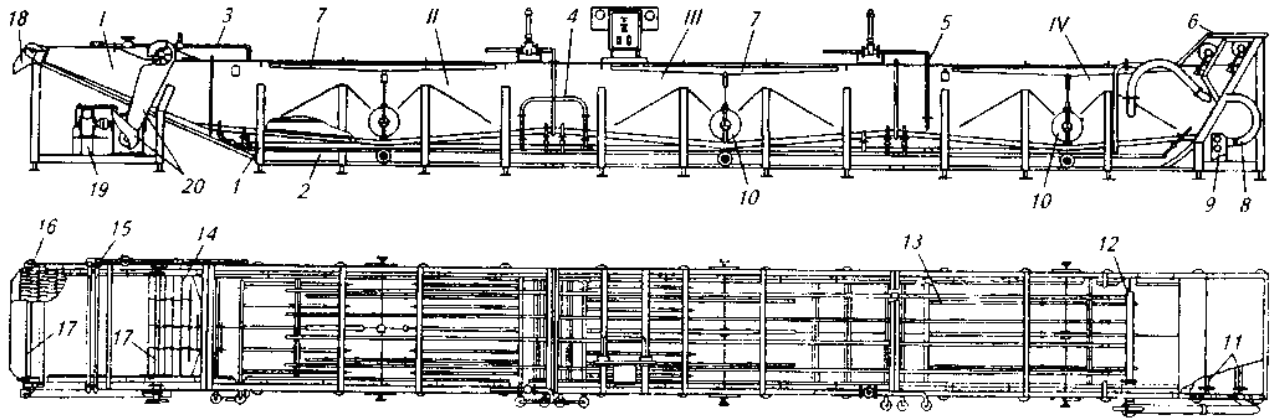


Рисунок – 5.9 – Механізований дефростер занурювального типу: I – привідна секція; II, III – проміжні секції; IV – натяжна секція; 1 – каркас; 2 – ванна; 3, 4, 5, 8 – відповідні трубопроводи води, пари, повітря; 6 – завантажувальна площадка; 7 – зливні жолоби; 9 – компресор; 10 – люки; 11 – натяжні вали; 12 – повітряний барботер; 13 – паровий барботер; 14 – полотно дефростації; 15 – зрошувач; 16 – виносний конвеєр; 17 – приймальні вали; 18 – лотік вивантаження; 19 – привід; 20 – огороження

Блок риби вручну зіштовхують із завантажувальної площадки на полотно дефростації. Швидкості руху полотен дефростації й виносного конвеєра відповідно рівні 0,002...0,009 м/с і 0,009...0,04 м/с. Розморожена риба, що пройшла через ванну, ополіскується струменями чистої води зі зрошувача, виводиться виносним конвеєром через лотік вивантаження і направляється на подальшу переробку. Продуктивність дефростера 1500 кг/год, установлена потужність електроприводу 4,5 кВт, габаритні розміри 15300×1400×1700 мм, маса 2800 кг.

5.1.8. Установки для розморожування харчових продуктів водою шляхом зрошення

Для поліпшення санітарних умов під час розморожування може застосовуватися зрошення продуктів водою. **Установка для розморожування харчових продуктів водою шляхом їхнього зрошення** (рис. 5.10) складається зі зрошувального пристрою, каркаса, сітчастого конвеєра, касет для блоків риби, піддона й електродвигуна сітчастого конвеєра з варіатором швидкості.

Блоки мороженої риби, установлені в касети, зрошуються водою зі зрошувального пристрою. Верхні краї стінок касет для блоків риби мають вирізи для зливу води. Для рівномірного зрошення блоків в установці є спеціальні напрямні. Розморожені частини блоків риби подають на сітчастий конвеєр і направляють на переробку. Вода, потрапляючи на сітчастий конвеєр, збирається в піддоні. З нього вона відцентровим насосом перекачується в пристрій, де фільтрується, дезінфікується й підігріта знову подається в зрошувач.

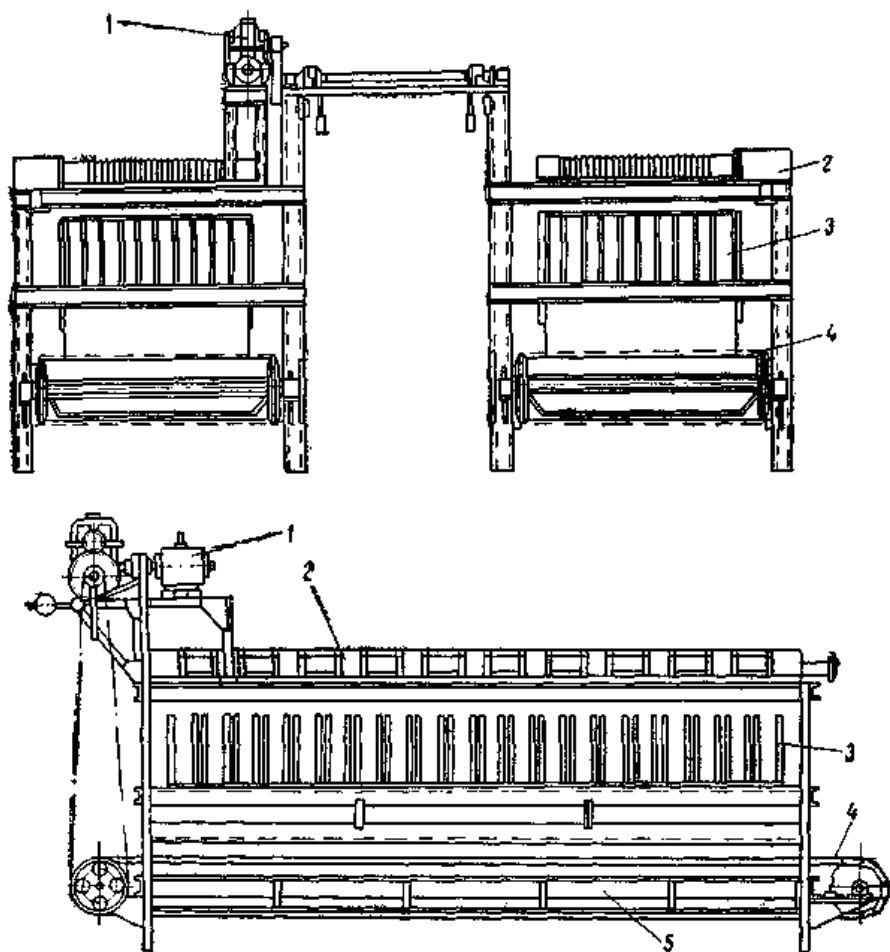


Рисунок 5.10 – Установка для розморожування харчових продуктів у воді шляхом зрошення: 1 – привід конвеєра з варіатором швидкостей; 2 – зрошувальний пристрій; 3 – касети для блоків риби; 4 – сітчастий конвеєр; 5 – піддон

Переваги: гарні санітарні умови розморожування, а також механізація розвантаження розмороженого продукту.

Недоліки: значна тривалість процесу розморожування й ручне завантаження блоків у касети.

Технічні характеристики наведено в табл. 5.7.

Таблиця 5.7 – Технічні характеристики установки для розморожування зрошенням водою

Показники	Значення
Продуктивність, кг/год	50
Температура середовища, °С	18...20
Температура розмороженого продукту, °С	1
Швидкість руху повітря, м/с	-
Питома споживана потужність, кВт·год	-
Питома витрата води (пари), кг/т	330
Тривалість розморожування, год	0,6

Дефростер для блоків морепродуктів призначений для розморожування мороженої риби, кальмарів, креветок (рис. 5.11). Одноразове завантаження апарата 1500 кг блоками розміром 800×250×80 мм. Основна частина дефростера – ванна, дно якої має ухил у бік вивантаження.

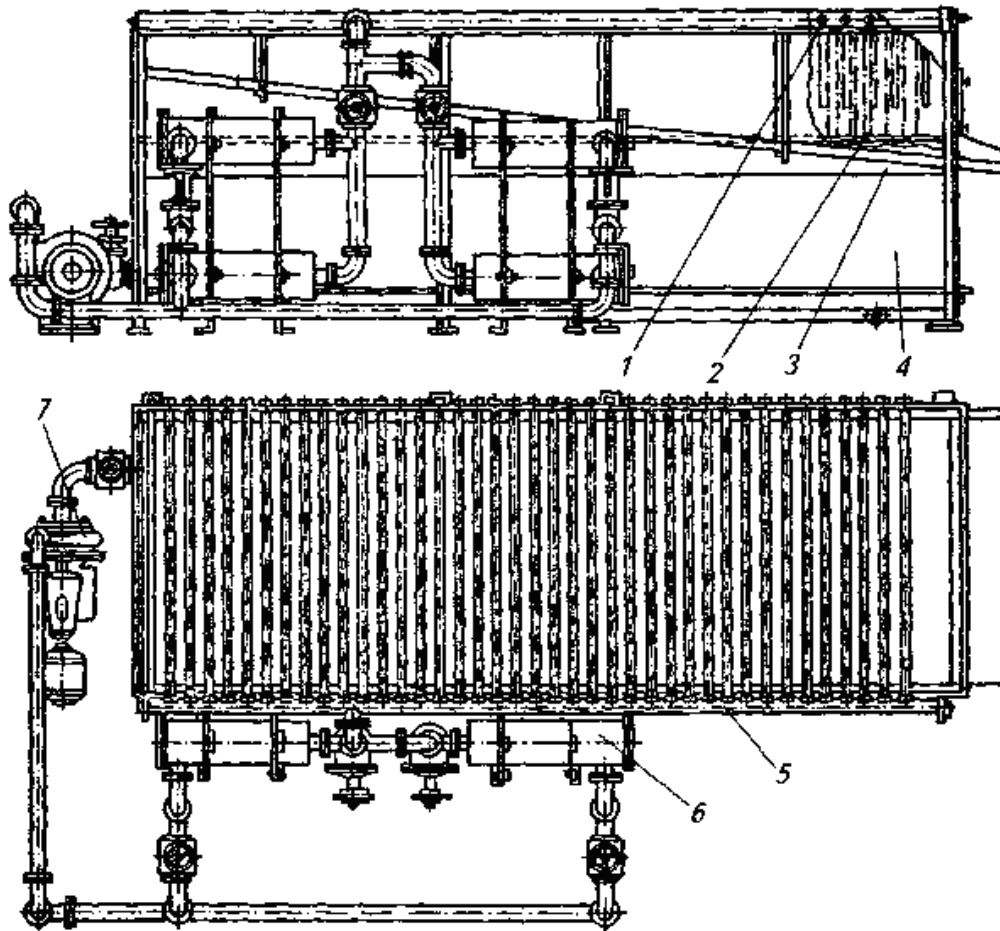


Рисунок 5.11 – Дефростер для блоків морепродуктів: 1 – барботерні трубки; 2 – удаване дно; 3 – корпус; 4 – смінь для збирання води; 5 – колектор; 6 – фільтр для води; 7 – насос

Розморожування здійснюється зрошенням водою, яку подають із колектора насосом. Блоки замороженого продукту завантажують у проміжки між барботерними трубками. Під час зрошення водою блоки розморожуються й розламуються. Відпала риба, кальмари або креветки провалюються на похиле дно ванни й переміщуються з водою, що через водовідділювачні лотки надходить у резервуар для наступної рециркуляції. Габаритні розміри дефростера 6200×3400×2050 мм, маса 4240 кг, потужність встановленого електропривода насоса 20 кВт.

Універсальний дефростер безперервної дії зрошувального типу (рис. 5.12а) призначений для розморожування блоків риби розміром 600×250×800 мм і масою 10...12 кг. Для розморожування використовується вода температурою 18...20°C, яка подається під тиском 0,196 МПа, витрата 3 м³. Початкова температура блока риби мінус 18°C.

Температура риби після розморожування – 1...0°C. Вода підігрівається паром тиском 0,59 МПа, витрата – 280 кг/год.

Блок мороженої риби (рис. 5.12б) зі стола завантаження вручну зіштовхують в одну з розкритих касет полотна верхнього конвеєра.

Під час переходу ланцюга із зірочки на прямолінійну ділянку касета закривається, блок риби з горизонтального положення переходить у вертикальне, й вся поверхня блока зрошується водою, що стікає з обтічників. При переході блоків із верхньої на нижню гілку конвеєра упори кронштейнів касети втримують їх від випадання.

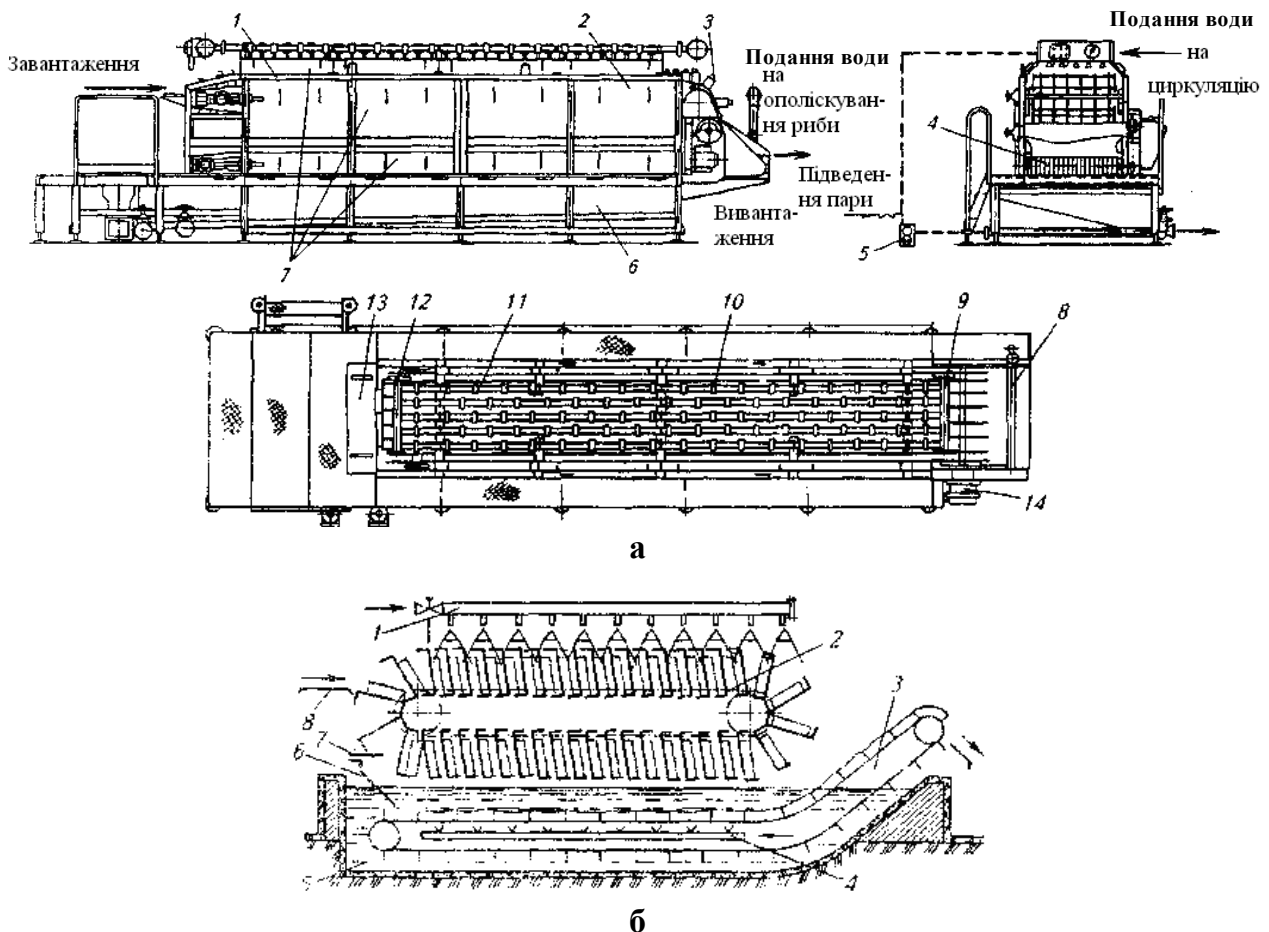


Рисунок – 5.12 – Універсальний дефростер зрошувального типу:
а – загальний вигляд; 1 – секція завантаження; 2 – секція вивантаження; 3, 4 – верхній та нижній конвеєри відповідно; 5 – рибонасосна установка; 6 – ванна; 7 – огороження; 8 – ополіскувач; 9, 11, 12 – колектори; 10 – зрошувач; 13 – завантажувальний стіл; 14 – привід; б – технологічна схема; 1 – зрошувач; 2, 3 – верхній з касетами та нижній конвеєри відповідно; 4 – барботер; 5 – ванна; 6 – вібрлотік; 7 – виштовхувач; 8 – вивантажувальний стіл

На нижній гілці верхнього конвеєра блок риби перевертається на 180° і зрошується струменями води, що стікають із блоків, які рухаються вище. Після проходження нижньої гілки верхнього конвеєра касети, обгинаючи зірочки, розкриваються, й блоки під дією власної ваги випадають, а ті, що затрималися, виштовхуються упорами на полотно нижнього конвеєра, на якому вони також

зрошуються струменями води, що стікають із блоків, розташованих вище. Якщо блок залишився в касеті, то упори виштовхувача, потрапляючи між касетами, виштовхують його на вібрлотік. Під час перевантаження з верхнього конвеєра на нижній блоки риби, потрапляючи на вібрлотік, розпадаються.

Остаточне розморожування риби відбувається на нижньому конвеєрі струменями води, що стікають із блоків верхнього конвеєра, або зануренням конвеєра з рибою у ванну з водою. Для інтенсифікації теплообміну воду барботують повітрям тиском 0,59 МПа, витрата 0,35 м³/год.

Продуктивність дефростера 1000 кг/год, габаритні розміри 8500×2345×2500 мм, маса 3075 кг, встановлена потужність електропривода разом із насосом 8,6 кВт.

5.1.9. Дефростери серії Н2-ИТА

фростер універсальний Н2-ИТА110 механізований безперервної дії для розморожування риби та м'яса блоками й розсипом (рис. 5.13).



Рисунок 5.13 – Дефростер універсальний Н2-ИТА110

Колекторами з двох боків дефростера подається вода на зрошувачі. Брикет із столу завантаження уручну скидається в касету полотна верхнього транспортера під час розкриття касети. З моменту закриття касет брикет зрошується водою, що стікає з обтічників. При переході на нижню гілку транспортера брикет перевертається на 180° і зрошується струменями води, що стікають із розташованих вище рухомих брикетів. Після проходження нижнього полотна брикети випадають із касет, що розкрилися. Дефростована риба подається полотном нижнього транспортера на наступну технологічну операцію. Вода після зрошування брикетів збирається в піддоні. Технічні характеристики наведено в табл. 5.8.

Таблиця 5.8 – Технічні характеристики

Параметр	Значення
Продуктивність, кг/год	800
Встановлена потужність, кВт	1,5
Габаритні розміри, мм	5500×1640×1860
Маса, кг	2200

Дефростер універсальний Н2-ИТА112

Універсальний механізований дефростер безперервної дії для розморожування риби й м'яса блоками (рис. 5.14).



Рисунок 11.14 – Дефростер універсальний Н2-ИТА112

Дефростер універсальний Н2-ИТА112 призначений для розморожування брикетів риби й м'яса з розмірами 600(800)×250(500)×60(100) мм і масою до 12 кг. Можливі модифікації для обробки блоків інших розмірів. Залежно від виду оброблюваної риби або температури мороженого блока можна регулювати час дефростації.

Н2-ИТА112 відноситься до дефростерів зрошувального типу: розморожування проводиться шляхом зрошування продукту струменями теплої води. На виході встановлений зрошувач для ополіскування розмороженої сировини, тобто вже в дефростері здійснюється первинне миття сировини.

Обслуговується одним оператором на ділянці завантаження блоків.

Блок мороженої риби зі столу завантаження уручну скидається на полотно верхнього конвеєра.

Дефростована риба подається полотном нижнього конвеєра на наступну технологічну операцію.

Вода після зрошування і ополіскування риби збирається у ванні. З метою скорочення витрат води здійснюється її циркуляція насосом. Захисні засоби і злив води можливі з обох сторін.

Для видалення піни, що утворюється під час дефростації, одна зі стін ванни виконана на 65 мм нижче за інші, що сприяє переливанню піни з водою в збірний лотік за умови постійного додавання води після ополіскування риби.

Переваги:

- безперервність (потокова) обробки продукції;
- висока продуктивність (1000 кг/год);
- вбудована функція ополіскування продукції;
- адаптованість до об'єднання в автоматизовані технологічні лінії.

Дефростер універсальний Н2-ИГА113 призначений для розморожування риби та м'яса, заморожених блоками й розсипом із максимальними розмірами блоків 800×500×120 мм.

Відноситься до дефростерів зрошувального типу: розморожування проводиться шляхом зрошування продукту струменями теплої води. На виході встановлений зрошувач для ополіскування розмороженої сировини, тобто вже в дефростері здійснюється первинне миття сировини.

Обслуговується одним оператором на ділянці завантаження блоків.

Можливі модифікації для обробки блоків інших розмірів.

Блоки мороженої сировини зі столу завантаження уручну укладаються на полотно верхнього конвеєра. У міру проходження блоків верхнім конвеєром вони постійно зрошуються водою, що стікає з обтічників зрошувача. У кінці верхнього конвеєра блоки перекидаються вниз, ковзаючи похилим відбійником, перевертаються на 180° і поступають на проміжний конвеєр.

Інтенсивно зрошуючись стікаючими з верхнього конвеєра струменями, блок до кінця проміжного конвеєра розпадається, і сировина перевалюється на нижній конвеєр, де остаточно розморожується. На виході з дефростера сировина ополіскується струменями чистої води і подається полотном нижнього конвеєра на наступну технологічну операцію.

Вода після зрошування й ополіскування збирається у ванні, з метою скорочення витрат здійснюється її циркуляція. Ванна для збирання води має конструктивну особливість, що дозволяє постійно видаляти піну, яка утворюється. Піна з водою, переливаючись через торцеву стінку, потрапляє в збірний лотік і далі в каналізацію.

Переваги:

- безперервність (потокова) обробки продукції;
- висока продуктивність (1000 кг/год);
- вбудована функція ополіскування продукції;
- адаптованість до об'єднання в автоматизовані технологічні лінії.

Технічні характеристики дефростерів Н2-ИГА112 та Н2-ИГА113 наведено в табл. 5.9.

Таблиця 5.9 – Технічні характеристики дефростерів серії Н2-ИГА

Параметр	Значення	
	Н2-ИГА112	Н2-ИГА113
Продуктивність, кг/год	1000	400...500
Установлена потужність, кВт	8,6	8,6
Витрата води, м ³ /год, не більше	3	3
Витрата пари, кг/год	310	300
Габаритні розміри, мм	8500×2345×2500	8500×2345×2690
Маса, кг	3700	3800

5.1.10. Установка для комбінованого розморожування харчових продуктів повітрям і водою

Установка призначена для розморожування блоків риби (рис. 5.15), складається з ванни з водою, душового пристрою, вантажного конвеєра, розвантажувального конвеєра, електродвигунів конвеєрів із варіатором швидкостей.

Блоки морозеної риби надходять на верхню гілку вантажного конвеєра й спочатку рухаються в зоні обдування повітрям (5...15 хвилин), потім протягом 20...35 хвилин проходять через зону інтенсивного зрошення, де над ванною розташований душовий пристрій. Під час підходу до кінця вантажного конвеєра пластини повертаються, і блоки риби плавно зісковзують по напрямних на нижню гілку вантажного конвеєра й рухаються у ванні з водою у зворотному напрямку, повністю занурені у воду.

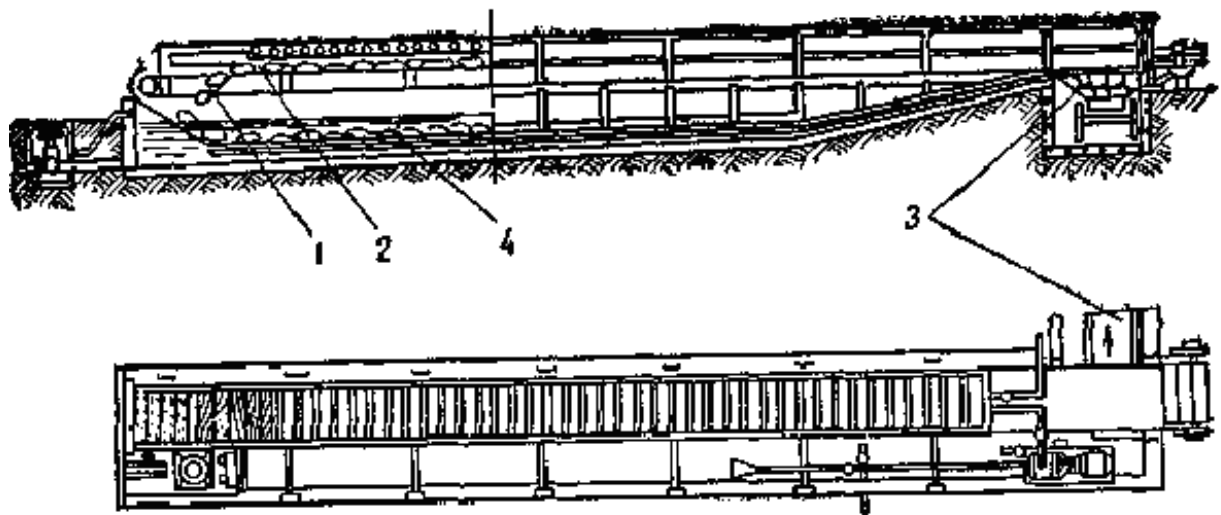


Рисунок 5.15 – Установка для комбінованого розморожування харчових продуктів повітрям і водою: 1 – вузол перевантаження продукту на нижню гілку; 2 – продукт; 3 – конвеєр розвантаження; 4 – ванна з водою

На нижній гілці вантажного конвеєра риба протягом 20...40 хв перебуває у воді, у яку подаються стиснене повітря й пара, що сприяє інтенсивному

теплообміну. Пароповітряний колектор перебуває під нижньою гілкою вантажного конвеєра. Розморожену рибу вивантажують за допомогою конвеєра.

У конструкції установки передбачена можливість зміни швидкості руху вантажного конвеєра, температури середовища й кількості води, яка подається для зрошення. Подача води, а також пари й повітря здійснюється загальним колектором, що забезпечує кількісне та якісне регулювання подаваних середовищ. Постійний рівень води у ванні підтримується за допомогою переливного пристрою.

Переваги: її компактність, а також механізація завантаження й вивантаження продукту.

Недоліки: риба розморожується у ванні з водою, яка вже використовувалася для зрошення, що збільшує бактеріологічну обсеменінність на виході з апарата.

Технічна характеристика наведена в табл. 5.10.

Таблиця 5.10 – Технічні характеристики установки для розморожування комбіновано повітрям і водою

Показники	Значення
Продуктивність, кг/год	80
Температура середовища, °С	22...24
Температура розмороженого продукту, °С	1
Швидкість руху повітря, м/с	-
Питома споживана потужність, кВт·год	-
Питома витрата води (пари), кг/т	15
Тривалість розморожування, год	1

5.2. Установки з підведенням тепла до об'єму продукту

5.2.1. Високі частоти у харчовій промисловості

Сучасне промислове високочастотне й мікрохвильове обладнання дозволяє швидко нагрівати й розморожувати продукти (м'ясо, птицю, рибу, фрукти, сири й тощо).

Високочастотні технології підходять у тих випадках, коли інші традиційні способи малоефективні.

Високі частоти й мікрохвилі мають перевагу за необхідності здійснити глибоке, миттєве, однорідне або вибіркоче нагрівання матеріалів. Вони поліпшують якість харчових продуктів і прискорюють процес їхньої переробки.

Найпоширеніше високочастотне нагрівання за частот близько 27 МГц і мікрохвильове нагрівання за частот близько 915 МГц. Важливо, щоб продукти були за можливості однорідними й мали стандартні розміри. Інакше деякі їхні ділянки будуть перегріватися, а деякі залишатися невідталими.

Розморожування токами високої частоти (мікрохвильовий спосіб) оснований на використанні діелектричних властивостей замороженого

продукту. Якщо частота електричного поля складає до 300 МГц, то розморожування здійснюється в полі конденсатора, і джерелом електричних коливань при цьому виступає генератор. За надвисоких частот, більш 300 МГц, розморожування відбувається в полі об'ємного резонатора або випромінювача, і джерелом електричних коливань служить магнетрон.

Особливості технології

1. За умови використання технології високих частот (27 МГц) досягається відносно висока однорідність електричного поля. Обертання піддона, на якому розміщуються блоки усередині дефростера, збільшують цю однорідність. Можуть застосовуватися дефростери з конвеєрами безперервної дії.

2. За мікрохвильової технології (915 МГц) можна досягти більшої напруженості електричного поля й скоротити тривалість обробки. Однорідність поля при цьому трохи менша. Блоки поміщають у велику камеру дефростера й установлюють на піддон або на конвеєр. Для більш рівномірного нагрівання блока мікрохвилі направляються на нього зверху й знизу.

Основні переваги високочастотних технологій

Економічні:

- втрати соку, який виділяється, зведені практично до нуля, що дозволяє підвищити вихід продукції на 4...10%;
- підвищення якості продукції, покращення смакових та ароматичних показників;
- зменшення кількості необхідного персоналу (більшість дефростерів вимагають для обслуговування тільки одного оператора);
- короткі терміни окупності обладнання (від 6 до 12 місяців);
- зниження витрат електроенергії та пари;
- скорочення частини приміщення для розморожування продукту (часто це сотні м²);
- зменшення втрат під час складського зберігання за рахунок упорядкування процесу дефростації та відсутності псування продукту.

Санітарно-гігієнічні:

- завдяки швидкому розморожуванню значне зниження ризику бактеріологічного зараження;
- уповільнення росту бактерій та процесу окиснення, оскільки температура продукту не перевищує 0°C;
- збільшення терміну зберігання готового продукту;
- зниження затрат та часу на очищення, вимушений простій та невиробничі втрати;
- чистий та контрольований процес мікрохвильової та високочастотної дефростації відповідає санітарним нормам та правилам.

Виробничі:

- швидкість процесу дефростації дозволяє забезпечити гнучкість планування виробництва з різними типами продуктів;
- зменшення втрат смакових, ароматичних складових;
- зонні дефростери дозволяють нарощувати потужність виробництва за рахунок модульного виконання;

- рівномірний розподіл температури за об'ємом продукту, який розморожується;
- зменшення зношення та імовірності поломки промислового обладнання.

Високі частоти 27 МГц

Дозволяють у короткий час розморожувати м'ясні блокові продукти, забезпечуючи однорідність температури всього блока. Після відтавання блоки м'яса, риби або птиці можуть бути легко розділені на шматки, які відразу готові до переробки за оптимальних умов. Залежно від товщини блоків час їхнього нагрівання від мінус 20°C до 20°C буде трохи варіюватися.

Ця технологія в основному використовується для нагрівання м'яса, риби, морепродуктів, овочів, фруктів, для яких необхідна кінцева температура коливається від мінус 2°C до мінус 1°C.

Мікрохвилі 915 МГц

Мікрохвилі частотою 915 МГц підходять для нагрівання протягом декількох хвилин м'ясних блоків (перехід від мінус 20°C до мінус 4–2°C).

При цьому температура усередині блока буде коліватися між мінус 4°C і мінус 1°C, тому що структура продуктів неоднорідна. Блоки м'яса залишаються досить охолодженими для наступної обробки (здрібнювання, кутерування). Мікрохвилі в основному використовуються для блокового м'яса (яловичина, свинина) і птиці. Залежно від товщини блоків час їхнього нагрівання від мінус 20°C до мінус 4–2°C також буде трохи варіюватися.

Апарат періодичної дії (рис. 5.16) призначений для НВЧ-розморожування блоків харчових продуктів. Основний елемент апарата – генератор НВЧ-енергії – прилад, у якому електрична енергія постійного або змінного струму перетворюється на енергію електромагнітного поля надвисоких частот. НВЧ-генератором промислового застосування служить магнетрон безперервної дії, яка представляє собою генераторну лампу, що працює при навантаженні з великим коефіцієнтом відбиття й не вимагає складних джерел живлення.

Продукт вручну укладають на діелектричний піддон і завантажують у робочу камеру. Разове завантаження продукту в камеру до 200 кг. Розміри робочої камери зі столом і хвилеводом 2130×1651×1220 мм.

Енергія від НВЧ-генератора потужністю 25 кВт і частотою 915 МГц подається через горизонтальний і вертикальний хвилеводи до обертових вузлів уведення енергії, розміщених у верхній і нижній стінках робочої камери. Така схема введення енергії забезпечує рівномірність температурного поля за всім об'ємом продукту за швидкості розморожування 0,2°C/с і продуктивності апарата 700 кг/год.

Для безперервного НВЧ-розморожування застосовують апарати конвеєрного й роторного типів.

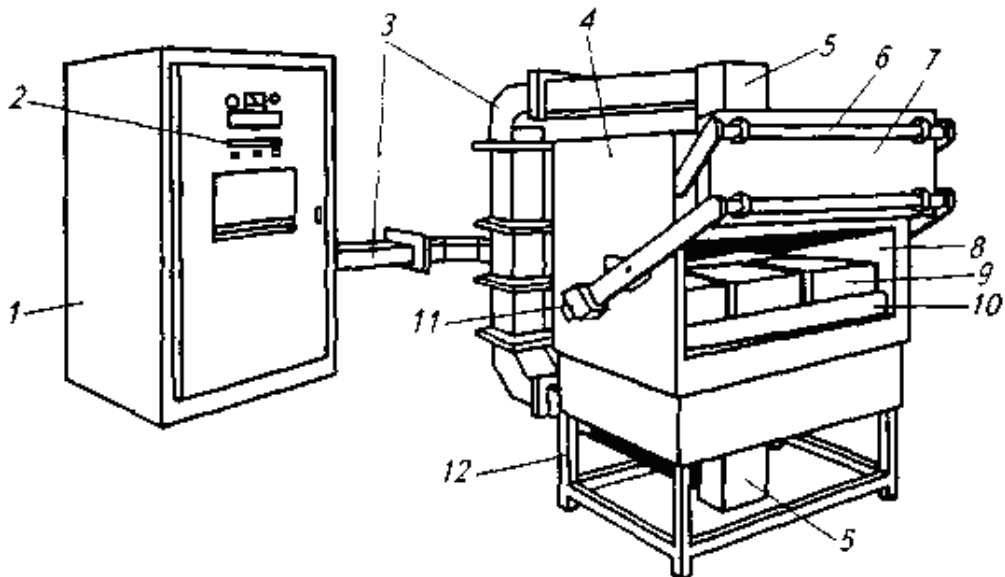


Рисунок 5.16 – Апарат періодичної дії для НВЧ-розморожування:
 1 – шафа; 2 – пульт управління; 3 – вертикальний і горизонтальний хвилеводи; 4 – робоча камера; 5 – вузол уведення енергії; 6 – пристрій для закривання дверей; 7 – двері; 8 – завантажувальне вікно; 9 – продукт; 10 – діелектричний піддон; 11 – противага; 12 – підставка

Апарат конвеєрного типу (рис. 5.17) розморожує блоки продукту температурою $-18...-8^{\circ}\text{C}$ у контейнерах із діелектричного матеріалу. Продукт завантажують на конвеєр, що транспортує його в робочу камеру. У камері відбувається об'ємний прогрів блоків риби, і вони розморожуються.

Потужність НВЧ-енергії, що вводиться в камеру, $20...50$ кВт за частоти коливань 915 ± 25 МГц. Тривалість обробки в апараті $5...15$ хв.

Продуктивність апарата $1000...1200$ кг/год. Установлена потужність НВЧ-генератора 120 кВт, габаритні розміри $4050 \times 1100 \times 2440$ мм, маса 4500 кг.

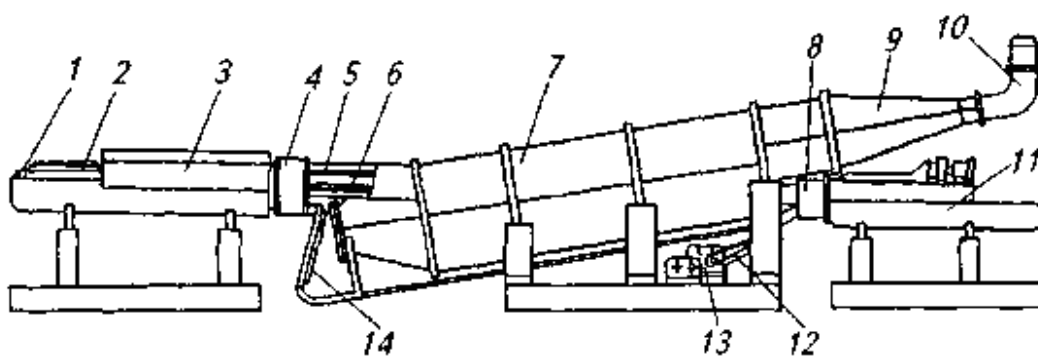


Рисунок 5.17 – Апарат конвеєрного типу для НВЧ-розморожування:
 1 – ланцюговий конвеєр; 2 – діелектричний конвеєр; 3 – пристрій для завантаження; 4, 8 – захисні пристрої; 5 – тунель; 6 – діелектрична конвеєрна стрічка; 7 – робоча камера; 9 – вузол з'єднання робочої камери та хвилеводів; 10 – хвилевод; 11 – пристрій вивантаження; 12, 14 – захисні пристрої; 13 – привід конвеєра

5.2.2. Апарати для розморожування SAIREM (Франція)

Апарати поділяються на кілька типів та категорій залежно від призначення (типу продукту) та способу завантаження – камерні (рис. 5.18) або тунельні (рис. 5.19). Один із типів – це мікрохвильові дефростери 915МГц, призначені для швидкого розморожування м'яса та птиці в блоках, масла. Другий тип – високочастотні дефростери 27МГц для риби та морепродуктів. Технічні характеристики наведено в табл. 5.11 та 5.12.



Рисунок 5.18 – Загальний вигляд високочастотних камерних дефростерів марки RF 600, RF 900



1



2

Рисунок 5.19 – Дефростери високочастотні, тунельні: 1 – TRF 20; 2 – TRF 50

Таблиця 5.11 – Технічні характеристики дефростерів RF 600, RF 900

Параметр	Значення	
	RF 600	RF 900
Потужність ВЧ	12кВт, регулюється від 0 до 100%	18кВт, регулюється від 0 до 100%
Частота	27МГц	27МГц
Електроживлення	380/400 В/50 Гц, 3-фазне, максимум 17кВт	380/400 В/50 Гц, 3-фазне, максимум 23 кВт
Охолодження генератора	водяне, витрата 10 л/хв	водяне, витрата 14 л/хв
Продуктивність	150...200 кг/год залежно від типу продукту, початкової та кінцевої температур дефростації	300...350 кг/год залежно від типу продукту, початкової та кінцевої температур дефростації
Час дефростації	15...20 хвилин для одного завантаження 40...60 кг	15...20 хвилин для одного завантаження 100...120 кг
Висота	1630 мм з відкритими дверима	1630 мм з відкритими дверима
Довжина	2020 мм	2020 мм
Ширина	2600 мм 1200 мм	3350 мм 1510 мм

Технічні характеристики дефростерів TRF 20 TRF 50 наведено в табл. 5.12.

Таблиця 5.12 – Технічні характеристики дефростерів TRF 20 TRF 50

Параметр	Значення	
	TRF 20	TRF 50
1	2	3
Потужність ВЧ	20кВт, регулюється від 0 до 100%	50кВт, регулюється від 0 до 100%
Частота	27МГц	27МГц
Електроживлення	380/400 В/50 Гц, 3-фазне максимум 30 кВт	380/400 В/50 Гц, 3-фазне максимум 70 кВт
Охолодження генератора	водяне, витрата 20 л/хв	водяне, витрата 30 л/хв
Час дефростації	20...40 хвилин від початку завантаження	20...40 хвилин від початку завантаження

1	2	3
Продуктивність	400...600 кг/год в залежності від типу продукту, початкової та кінцевої температур дефростації	700...1000 кг/год в залежності від типу продукту, початкової та кінцевої температур дефростації
Висота	1980 мм	1980 мм
Довжина	4060 мм	6668 мм
Ширина	935 мм	935 мм
Висота конвеєра	900 мм	900 мм

На рис. 5.20 наведено загальний вигляд дефростера TRF 50 а на рис. 5.21 показано процес роботи дефростера TRF 50.



Рисунок 5.20 – Загальний вигляд дефростера TRF 50



1

2

Рисунок 5.21 – Процес роботи дефростера TRF 50: 1 – продукт завантажений для розморожування; 2 – вивантаження продукту після розморожування

Мікрохвильові дефростери AMW 200, AMW 400, AMW 600

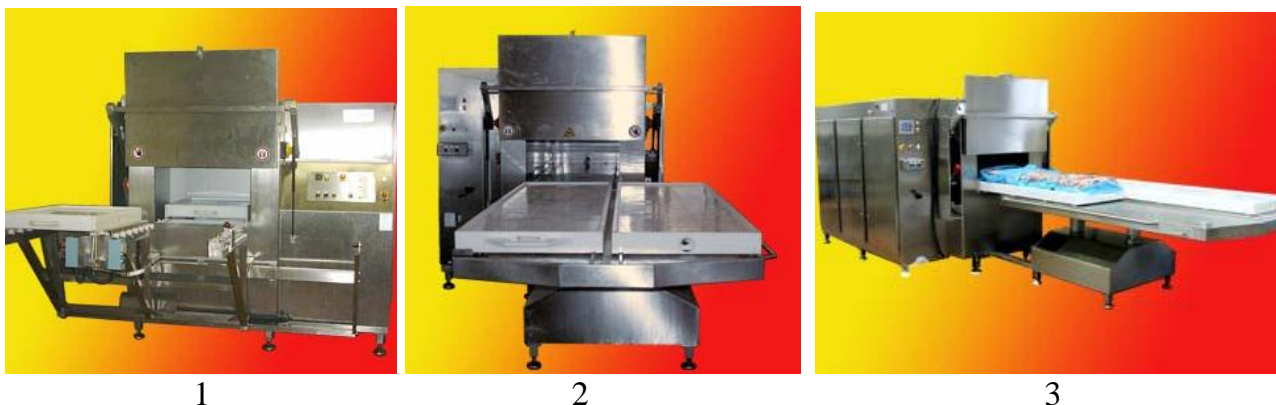


Рисунок 5.22 – Мікрохвильові дефростери: 1 – AMW 200; 2 – AMW 400; 3 – AMW 600

На рисунку 5.23 показано основні етапи роботи мікрохвильового дефростера AMW 200.



Рисунок 5.23 – Мікрохвильовий дефростер AMW 200 в роботі: 1 – апарат перед початком роботи; 2 – продукт перед завантаженням на розморожування; 3 – продукт після розморожування

На рисунку 5.24 показано основні етапи роботи мікрохвильового дефростера AMW 600.



Рисунок 5.24 – Мікрохвильовий дефростер AMW 600 в роботі: 1 – апарат перед початком роботи; 2 – продукт перед завантаженням на розморожування; 3 – продукт після розморожування

У табл. 5.13 наведено основні технічні характеристики мікрохвильових дефростерів.

Таблиця 5.13 – Технічні характеристики мікрохвильових дефростерів AMW

Параметр	Значення		
	AMW 200	AMW 400	AMW 500
Потужність ВЧ	10кВт, регулятор 100% або 50%	60кВт, регулюється від 5 до 60кВт; крок 1кВт	60кВт, регулюється від 5 до 60кВт; крок 1кВт
Частота	915МГц	915МГц	915МГц
Електроживлення	380/400 В/50 Гц, 3-фазне, максимум 22 кВт	380/400 В/50 Гц, 3-фазне, максимум 90 кВт	380/400 В/50 Гц, 3-фазне, максимум 90 кВт
Охолодження генератора	водяне, витрата 12 л/хв	водяне, витрата 30 л/хв	водяне, витрата 30 л/хв
Продуктивність	350...400 кг/год залежно від типу продукту, початкової та кінцевої температур дефростації	800...1400 кг/год залежно від типу продукту, початкової та кінцевої температур дефростації	1500...2000 кг/год залежно від типу продукту, початкової та кінцевої температур дефростації
Час дефростації	4...7 хвилин для одного завантаження 50...55 кг	4...7 хвилин для одного завантаження 100...110 кг	4...7 хвилин для одного завантаження 120...180 кг
Висота	1854 мм	1995 мм	1995 мм
Довжина	з відкритими дверима 2270 мм	з відкритими дверима 2270 мм	з відкритими дверима 2270 мм
Ширина	2607 мм	3600 мм	6500 мм
	2413 мм	2990 мм	3120 мм

Мікрохвильові дефростери тунельного типу TMW 75, TMW 150



Рисунок 5.25 – Мікрохвильові дефростери тунельного типу: 1 – TMW 75; 2 – TMW 150

Технічні характеристики наведено в табл.5.14.

Таблиця 5.14 – Технічні характеристики

Параметр	Значення	
	TMW 75	TMW 150
Потужність ВЧ	один генератор 75кВт, регулюється від 5 до 75 кВт; крок 1 кВт	два генератора по 75кВт, регулюється від 5 до 75 кВт; крок 1 кВт
Частота	915 МГц	915 МГц
Електроживлення	380/400 В/50 Гц, 3-фазне максимум 100 кВт	380/400 В/50 Гц, 3-фазне максимум 200 кВт
Охолодження генератора	водяне, витрата 40 л/хв	водяне, витрата 2×40 л/хв
Продуктивність	2500...3000 кг/год залежно від типу продукту початкової та кінцевої температур дефростації	5000...6000 кг/год залежно від типу продукту початкової та кінцевої температур дефростації
Час дефростації	15...25 хвилин від початку завантаження	25...35 хвилин від початку завантаження
Висота	1800 мм	1800 мм
Довжина	9000 мм	12000 мм
Ширина	3000 мм	3000 мм
Висота конвеєра	1240 мм	1240 мм

5.2.3. Мікрохвильові дефростери виробництва АМТЕК Microwaves
Мікрохвильовий дефростер АМТ2142 камерного типу циклічної дії



Рисунок 5.26 – Дефростер АМТ2142

Характеристики:

- регулятор потужності від 6 до 75 кВт;
- частота мікрохвильового опромінення 915 МГц;
- охолодження водяне 35 л/хв;
- тиск води на вході 3...4 бар (можлива установка замкнутого циклу);
- температура охолоджуючої води на вході – (10...20°C);
- споживана потужність 90 кВт за 100% мікрохвильової;
- електроживлення – 380 В, 50 Гц;
- вихідна мікрохвильова потужність – 75 кВт;
- продуктивність – 680 кг на год;
- початкова температура мінус 20°C, кінцева (-2...-1)°C;
- разове завантаження – 2 блока по 20...30 кг (час одного циклу 65 секунд);
- наявність (PLC) контролера для управління режимами дефростації і діагностики несправностей.

Можливість використання імпульсного режиму дозволяє дефростувати особливо делікатні види продукту, і доводити температуру до 0°C.

На рисунку 5.27 наведено габаритні розміри дефростера.

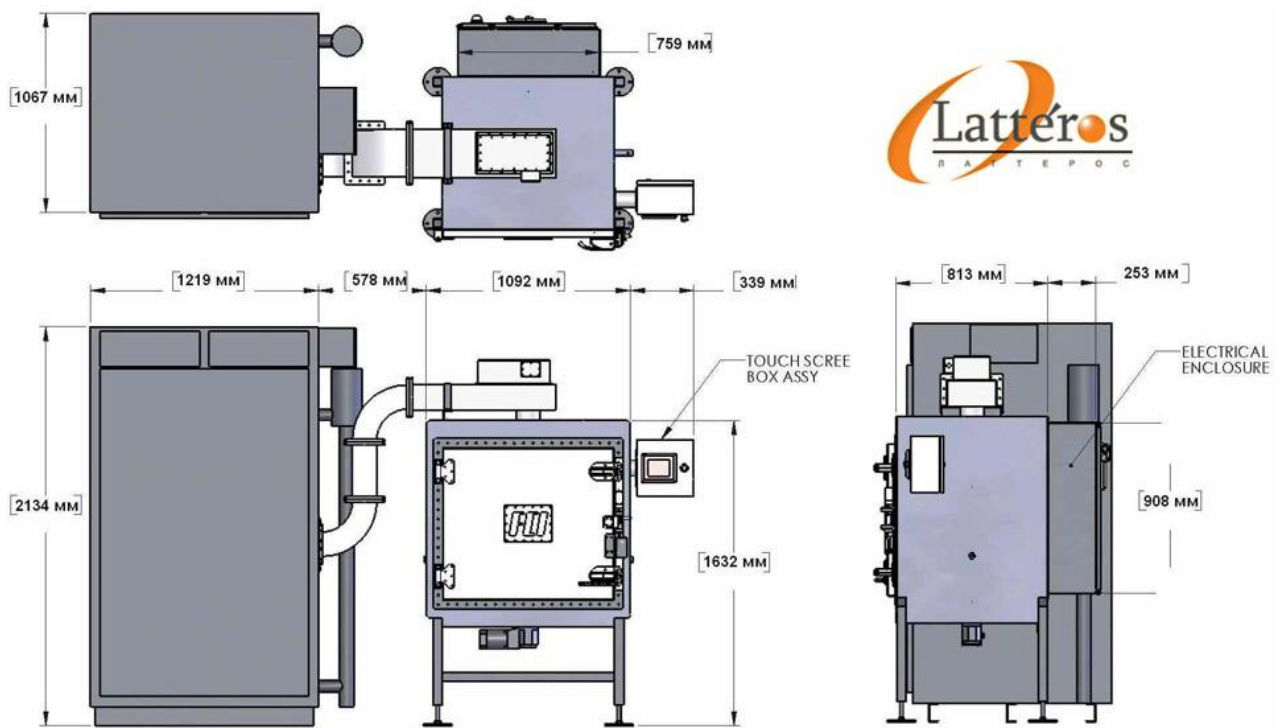


Рисунок 5.27 – Габаритні розміри дефростера АМТ2142

Мікрохвильовий дефростер АМТ2160 камерного типу циклічної дії



Рисунок 5.28 – Дефростер АМТ2160

Характеристики:

- споживана потужність – 103 кВт за 100% мікрохвильової;
- разове завантаження 5 блоків (400×600×200), вага 25 кг, (дефростація 125 кг за 4 хвилини до 0°C);
- електроживлення – 380 В (50 Гц);
- вихідна мікрохвильова потужність – 75 кВт;
- регулятор потужності від 5 до 75кВт;
- частота мікрохвильового опромінення 915 МГц;

- охолодження водяне 30л/хв;
- тиск води на вході 3 бар (можлива установка замкнутого циклу);
- температура охолоджуючої води на вході 15...17°C;
- тиск повітря на вході 6...8 бар;
- продуктивність – 1860 кг на годину (залежно від складу сировини, початкової та кінцевої температур дефростації);
- початкова температура -20°C кінцева -2...-1°C;
- наявність (PLC) контролера для управління режимами дефростації та діагностики несправностей;
- можливість дистанційної діагностики та усунення несправностей через модемний доступ до PLC з віддаленого комп'ютера.

Мікрохвильовий дефростер АМТ4412 безперервної дії тунельного типу



Рисунок 5.29 – Дефростер АМТ4412

Характеристики:

- споживана потужність – 103 кВт (за 100% мікрохвильової потужності), за цикліу використовується – 70...80% потужності магнетрона;
- електроживлення – 400 В, 50 Гц;
- вихідна мікрохвильова потужність – 75 кВт;
- регулятор потужності від 5 до 75кВт;

- частота мікрохвильового опромінення 915 МГц;
- охолодження водяне 40л/хв;
- тиск води на вході 4 бар (можлива установка замкнутого циклу);
- температура охолоджуючої води на вході 10...20°C;
- тиск повітря на вході 6...8 бар;
- продуктивність – від 2000 кг на год (залежно від складу сировини, початкової та кінцевої температури дефростації);
- початкова температура -20°C кінцева -2...-1°C.

5.3. Основи розрахунку установок для розморожування харчових продуктів

Тепловий розрахунок дефростерів полягає у визначенні витрати теплоти на розморожування і його тривалості. Витрати теплоти під час розморожування визначають із рівняння теплового балансу

$$Q_{заг} = Q_p + Q_в, \quad (5.1)$$

де $Q_{заг}$ – кількість теплоти, яка віддається середовищем, що гріє;
 Q_p – кількість теплоти, яка необхідна для власне розморожування риби;
 $Q_в$ – втрати теплоти під час розморожування (в навколишнє середовище, на нагрівання транспортних пристроїв; випаровування рідини з поверхні і тощо), Дж.

За розморожування на повітрі або в рідині

$$Q_p = m \cdot c (t_n - t_k), \quad (5.2)$$

за паровакуумного розморожування

$$Q_p = D \cdot r_{\Omega}, \quad (5.3)$$

за розморожування струмом промислової частоти

$$Q_p = I \cdot U \cdot \tau, \quad (5.4)$$

за розморожування струмом високої частоти

$$Q_p = \varepsilon \cdot f \cdot E^2 \cdot V \cdot \tau \cdot \operatorname{tg} \delta, \quad (5.5)$$

де m – маса рідини, яка гріє, кг;
 c – середня питома теплоємність рідини в діапазоні температур, $t_n - t_k$;
 t_n, t_k – відповідно початкова та кінцева температура середовища, яке гріє, °C;
 D – кількість пари, що сконденсувалась, кг;
 I – сила електричного струму, А;

U – напруга електричного струму, В;
 τ – тривалість процесу, с;
 ε – діелектрична проникність риби;
 f – частота електричного поля, Гц;
 E – напруженість електричного поля, Вт/м;
 V – об'єм замороженої риби, м³;
 $\operatorname{tg} \delta$ – тангенс кута діелектричних втрат.

Витрата теплоти в навколишнє середовище за рахунок конвекції й випромінювання, Дж

$$Q_s = \varepsilon \cdot F(t_{cm} - t_n), \quad (5.6)$$

де α – сумарний коефіцієнт тепловіддачі конвекцією та випромінюванням, Вт/(м²·К);

F – площа поверхні, яка віддає тепло, м²;

t_{cm} , t_n – відповідно температура поверхні апарата та навколишнього повітря, °С.

У загальному вигляді

$$\alpha = \alpha_k + \alpha_l, \quad (5.7)$$

де α_k , α_l – відповідно коефіцієнти тепловіддачі конвекцією та випромінюванням, Вт/(м²·К).

Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією, Вт/(м²·К)

$$\alpha_k = 1,44 \sqrt[4]{t_{cm} - t_n}. \quad (5.8)$$

Коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням, Вт/(м²·К)

$$\alpha_l = \frac{C \left[\left(\frac{T_{cm}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_n}{100} \right)^4 \right]}{T_{cm} - T_n}, \quad (11.9)$$

де C – коефіцієнт випромінювання сірого тіла ($C = E \cdot C_u$, тут E – ступінь чорноти тіла, C_u – коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла; $C_u = 5,68$ Вт/(м²·К⁴);

T_{cm} , T_n – відповідно абсолютна температура поверхні стінки апарата та повітря, К ($T_{cm} = 273 + t_{cm}$; $T_n = 273 + t_n$).

Витрата теплоти на випаровування рідини з поверхні, Дж

$$Q_{\text{вип}} = k_{\text{вип}} \cdot F_{\text{вип}} (p_p - \varphi_n \cdot p_p^n) r, \quad (5.10)$$

де $k_{\text{вип}}$ – коефіцієнт, який залежить від швидкості руху повітря та фізичних властивостей рідини, кг/м²·Па·с);

$F_{\text{вип}}$ – площа поверхні випаровування, м²;

p_p – парціальний тиск насичених парів рідини за температури рідини, Па;

p_p^n – парціальний тиск насичених парів рідини за температури навколишнього повітря, Па;

φ_n – відносна вологість повітря, доли одиниці;

r – питома теплота пароутворення, Дж/кг.

Для води

$$k_{\text{вип}} = 0,0745(v_n \cdot \rho_n)^{0,8}, \quad (5.11)$$

де v_n – швидкість повітря, м/с;

ρ_n – щільність повітря, кг/м³.

Значення $k_{\text{вип}}$ залежно від швидкості руху повітря наведено в табл. 5.16.

Таблиця 5.16 – Значення $k_{\text{вип}}$

Параметр	Одиниці виміру	Значення			
Швидкість руху повітря, v_n	м/с	0	1	1,5	2
$k_{\text{вип}} \cdot 10^{-9}$	кг/(м ² ·Па·с)	129	298	408	520

Втрати теплоти на нагрівання транспортних засобів, Дж

$$Q_{mp} = m_{mp} \cdot c(t_k - t_n), \quad (5.12)$$

де m_{mp} – маса транспортних пристроїв, кг;

c – теплоємність матеріалу, з якого виготовлено транспортні пристрої, Дж/(кг·К);

t_n, t_k – відповідно початкова та кінцева температури транспортних засобів, °С.

Для підігріву води в дефростерах використовується насичена пара.

Витрата пари, кг

$$D = \frac{Q_{\text{заг}}}{i - i_{\kappa}}, \quad (5.13)$$

де $Q_{\text{заг}}$ – загальна витрата теплоти, Дж/с;

i, i_{κ} – відповідно тепловміст пари та конденсату, Дж/кг.

Тривалість розморожування залежить від товщини риби, її початкової та кінцевої температур та середовища, в якому протікає процес. Тривалість розморожування, с

$$\tau = \frac{m_0^{1/3} - m_i^{1/3}}{v_{pz}}, \quad (5.14)$$

де – $m_0^{1/3}, m_i^{1/3}$ – відповідно початкова маса та маса залишку замороженої риби до часу τ , кг;

v_{pz} – швидкість (темп) розморожування, кг^{1/3}/год.

Темп розморожування v_{pz} для замороженої риби з початковою температурою t_n визначають, використовуючи темп розморожування v_0 за температури $t_0 = -8^\circ\text{C}$, яка вибрана для порівняння,

$$v_{pz} = \frac{v_0}{0,653|t_n|^{0,2}}. \quad (5.15)$$

Для різних способів розморожування v_0 визначають за такими виразами: за розморожування блоків дрібної риби зрошенням водою

$$v_0 = \frac{2,7 \cdot 10^{-4} \cdot t_c^{0,6} \cdot m_c^{0,2}}{\varphi \cdot f^{0,3}}; \quad (5.16)$$

за розморожування зануренням у нерухоме рідке середовище (воду)

$$v_0 = 2,9 \cdot 10^{-6} \cdot t_c^{1,25}; \quad (5.17)$$

за паровакуумного розморожування

$$v_0 = 2,1 \cdot 10^{-5} \cdot t_c^{0,75}, \quad (5.18)$$

де t_c – температура середовища, яке розморожує (води), $^\circ\text{C}$;

m_c – витрата середовища (води) на блок, кг/с;

φ – коефіцієнт форми блока ($\varphi = \frac{F}{\delta}$, тут F – площа поверхні блока, м^2 ;

δ – товщина блока, м);

f – площа грані блока, на яку подається вода, м^2 .

Діаметр патрубку для пари, м

$$d_n = \sqrt{\frac{4D}{\pi \cdot v_n \cdot \rho_n}}. \quad (5.19)$$

Діаметр трубопроводу для води, м

$$d_n = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot v_g}}, \quad (5.20)$$

де D – витрата пари, кг/с;

v_n, v_g – відповідно середня швидкість пари та води, м/с;

ρ_n – густина пари, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Під час розрахунку внутрішньозаводських трубопроводів приймають такі значення швидкостей: для рідин 0,5...2 м/с; газів 10...20 м/с; водяної насиченої пари 20...40 м/с; перегрітої пари 30...50 м/с.

Потужність, яку споживає насос, кВт

$$N = \frac{V \cdot \Delta p}{102 \cdot \eta}, \quad (5.21)$$

де V – об’ємна витрата рідини, м³/с;
 Δp – тиск, який надається насосом рідині, що перекачується, Па;
 η – загальний ККД насоса.

Затитання до розділу

1. Дайте визначення процесу дефростації харчових продуктів.
2. З якою метою проводять розморожування харчових продуктів?
3. Яке холодильне обладнання застосовують для розморожування харчової сировини?
4. За якими ознаками класифікують дефростери?
5. Охарактеризуйте принцип роботи дефростерів.
6. Наведіть приклади практичного застосування установок із підведенням тепла до поверхні продукту.
7. Що входить до складу установки для розморожування харчових продуктів в потоці повітря?
8. Наведіть комплектацію установки для розморожування харчових продуктів у потоці вологого повітря.
9. Які характерні особливості установки для розморожування харчових продуктів у вакуумі?
10. Для яких харчових продуктів застосовують установки для розморожування шляхом занурювання у воду?
11. Як здійснюється процес розморожування в установках шляхом зрошування водою харчових продуктів?
12. Для яких харчових продуктів використовують установки комбінованого розморожування? Наведіть склад цієї установки.
13. Наведіть класифікацію, принцип дії та будову установок із підведенням тепла до об’єму продукту.
14. В яких випадках під час розморожування харчових продуктів доцільно застосовувати високі частоти?
15. Наведіть переваги та недоліки мікрохвильових частот під час дефростації.
16. Який основний конструктивний елемент мікрохвильових дефростерів?
17. В якій послідовності виконують розрахунок дефростерів?
18. Які особливості проведення теплового розрахунку дефростерів?

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

ТЕХНОЛОГІЧНЕ ХОЛОДИЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ

Навчальний посібник
Частина 2

Відповідальний за випуск зав. кафедри підготовки та перепідготовки фахівців
холодильної та торговельної галузей В.О. Потапов

План 2019 р., поз. 46/

Підп. до друку 28.03.2019 р. Один електронний оптичний диск
(CD-ROM); супровідна документація. Об'єм даних 3,645 Мб.
Тираж 100 прим.

Видавець та виготівник
Харківський державний університет харчування та торгівлі
вул. Клочківська, 333, Харків, 61051
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК №4417 від 10.10.2012 р.