Лекция

Обладнання для механічної і теплової обробки молока

1. Обладнання для транспортування і зберігання молока

1.1 Класифікація обладнання

Для транспортування молока на далекі відстані застосовують різні ємності, названі транспортними цистернами.

Переміщення молока усередині переробних підприємств і його доставка з ферм при їхньому незначному віддалені від місця переробки здійснюються за допомогою молокопроводів.

Для транспортування молока по трубах і переміщення його через робочі обсяги технологічного обладнання, що не має власних напірних пристроїв, застосовуються насоси різних типів.

Кількість молока, що надходить на переробку, а також продукції, що виробляється молочними заводами, визначають за допомогою молокомірів, лічильників, витратомірів і ваг. Для підрахунку штучної продукції використовують механічні й автоматичні лічильники.

Зберігання молока на фермах перед його відправленням на переробне підприємство, а також молока і молочних продуктів на самому підприємстві здійснюється в резервуарах загального і спеціального призначення.

1.2 Обладнання для транспортування молока

У комплексі заходів щодо підвищення якості продукції, одержаної на підприємствах молочної промисловості, головну роль грають запитання, пов'язані зі зберіганням первинних властивостей молока в процесі його транспортування до місця переробки.

При цьому спосіб транспортування сировини на молочний завод істотно впливає не тільки на якість одержуваної продукції, але й на економіку переробного підприємства в цілому.

Для переміщення молока і продуктів його переробки усередині цехів застосовуються такі найпростіші засоби механізації як ручні і самохідні візки, короткі молокопроводи і різні транспортери.

При транспортуванні молока з ферм на переробні підприємства використовують фляги, автомолокоцистерни і молокопроводи. Великі обсяги молочної продукції перевозять у річкових або залізничних цистернах. Класифікація засобів для транспортування молока приведена на рисунку 1.

Невелика кількість молока перевозиться у флягах вантажними автомобілями. При цьому способі великі витрати праці на вантажно-розвантажувальні

операції і втрати молока, а умови перевезення не відповідають санітарно-гігієнічним вимогам до харчових продуктів. Разом з тим він широко застосовується для транспортування таких продуктів, як сметана, згущене молоко й інші в торговельну мережу.

Якщо молока 1000 л і більше, то доцільно використовувати автоцистерни, що дозволить збільшити в два рази продуктивність праці і на 30-35% знизити транспортні витрати

Автоцистерна складається з однієї або декількох секцій еліптичної форми зі сферичними днищами. Зовні секції покриті термоізоляцією. Завдяки шару термоізоляції, що покриває секції, запобігаються нагрівання і заморожування молока під час його транспортування. Секція, виготовлена з харчового листового алюмінію, у залежності від марки автоцистерни має місткість від 0,9 до 6,55 $м^3$.

Молокопереробні підприємства малої і середньої потужності мають невеликий вантажопотік. Тому переміщення готової продукції найчастіше здійснюється за допомогою ручних візків різного типу (із захопленнями, платформою або відкритою ємністю).

Для переміщення фляг, наприклад, зі сметаною, можуть застосовуватися роликові або ланцюговий горизонтальні транспортери.

На переробних підприємствах невеликої потужності найчастіше застосовуються ланцюгові транспортери.

Ланцюговий горизонтальний транспортер для переміщення фляг, шухляд, кошиків складається з привода, кнопки керування, магнітного пускача, електропроводки, відомої зірочки, приводного вала, кінцевої секції, ланцюга, фундаментних болтів, відомого вала, радіальної і горизонтальної секцій. Швидкість руху ланцюга таких транспортерів 0,15 або 0,35 м/с, потужність електродвигуна привода 2,2 або 3,0 кВт.

Для доставки готової продукції з молочних заводів у торговельну мережу служать автомашини з ізотермічними кузовами або авторефрежератори. Ізотермічний кузов складається з каркаса, внутрішнього обшивання з оцинкованої сталі, теплоізоляції і зовнішнього облицювання з листової сталі. Авторефрежератори відрізняються від них наявністю холодильної установки.

Насоси

Насоси, що застосовуються на підприємствах молочної промисловості, за принципом дії і основними конструктивними ознаками розділяють на дві групи: динамічні і об'ємні. Класифікація насосів приведена на рисунку 2.

В об'ємних насосах тиск рідини підвищується внаслідок витіснення її із замкненого об'єму поршнями, які рухаються поворотно-поступально, або роторами, що обертаються. До цієї групи відносять поршневі і ротаційні насоси.

У динамічних насосах тиск рідини підвищується за рахунок збільшення її кінетичної енергії в насосі. До цієї групи відносять відцентрові насоси. У свою чергу відцентрові насоси поділяються на лопатеві: одно- і багатолопатові; дискові: одно- і двоступеневі.

Найбільш простим насосом для перекачування рідких молочних продуктів є шланговий насос. Робочим органом його є еластичний шланг з неопренового, силоксанового або натурального каучуку.

Пристрій для нагнітання рідини складається з трека, роликів, закріплених на диску ротора з рівномірним інтервалом, затисків для кріплення шланга. Вал ротора має привід, виконаний у вигляді електродвигуна, редуктора і регулювальника частоти обертання.

Працює шланговий насос таким чином: при обертанні ротора ролики почергово набігають на шланг, стискають його і видавлюють рідкий продукт, яким він заповнений. При відновленні форми шланга позаду ролика утворюється розрідження, завдяки чому забезпечується надходження нової порції рідини, що перекачується.

Поршневі насоси

Поршневі і плунжерні насоси випускають простої і одинарної дії, коли за один робочий цикл (подвійний хід поршня) відбувається одне всмоктування і одне нагнітання та працює тільки одна торцева площина поршня; подвійної дії, при якій циліндр має дві робочі камери і забезпечений двома парами клапанів, а обидві торцеві площини поршня є робочими; і комбіновані, що складаються з трьох насосів простої дії, що приводяться в рух від загального колінчастого вала. Пристрій поршневих і плунжерних насосів представлений на рис 10.3.

У поршневих насосах поршень виконаний у вигляді диска з ущільнюючими шкіряними манжетами або поршневими кільцями. У плунжерних насосах замість дискового поршня є плунжер у вигляді порожнистої довгої склянки.
Поршневі і плунжерні насоси складаються з робочого циліндра з всмоктуючими і нагнітаючими клапанами, які періодично в суворій послідовності з'єднують насос зі всмоктуючою і нагнітаючими лініями; поршня або плунжера з штоками і кривошипно-шатунного механізму, пов'язаного з приводом, що повідомляє поршню поворотно-поступальне рушення.

Принцип дії одинарного насоса складається в наступному. Після включення приводу поршню надається поворотно-поступальне рушення. Переміщуючись в одну сторону, він створює розрідження, внаслідок чого всмоктуючий клапан відкривається, і рідина під атмосферним тиском спрямовується в циліндр. При зворотному рушенні поршня створюється тиск, всмоктуючий клапан закривається, а нагнітальний відкривається, і рідина під великим натиском нагнітається в падаючий трубопровід.

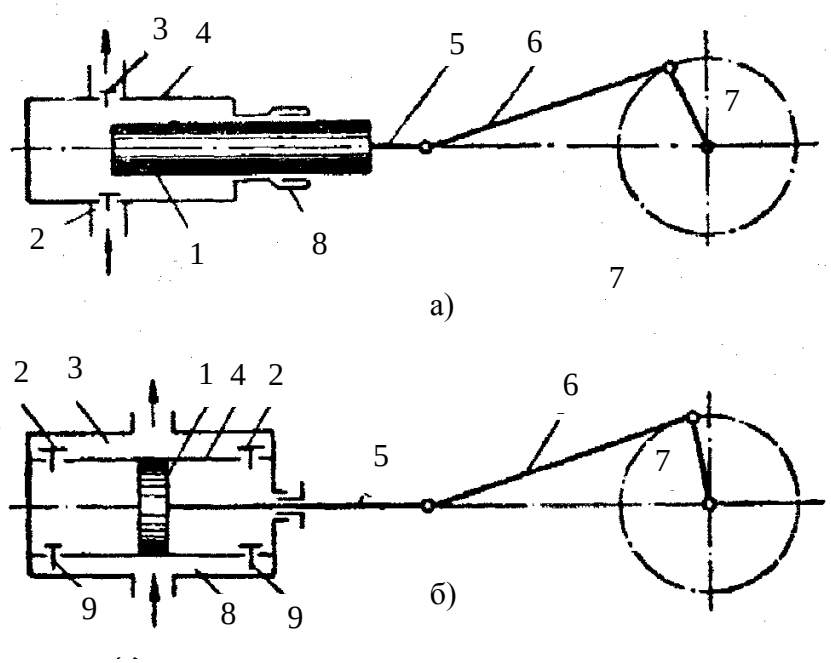


Рис. 10.3. - Поршневі і плунжерні насоси

а - схема плунжерного насоса простої дії:

1 - плунжер; 2 - всмоктуючий клапан; 3 - нагнітальний клапан; 4 - циліндр; 5 - шток; 6 - шатун; 7 - кривошип; 8 - сальник.

б - схема поршневого насоса подвійної дії:

1 - поршень; 2 - нагнітальний клапан; 3 - нагнітальна камера; 4 - циліндр; 5 - шток; 6 - шатун; 7 - кривошип; 8 - всмоктуюча камера; 9 - всмоктуючий клапан.

При роботі електродвигуна для поршневого насоса потужність його приймають на 30 – 50% більше розрахункової.

Перевага поршневих насосів:

- можливість пуску насоса без попереднього заповнення рідиною і подача продукту під натиском 100 атмосфери і вище;
- незалежність подачі від натиску і опору в трубопроводі;
- здатність перекачувати в'язкі рідини.

Недоліки насосів:

- значні розміри і вага;
- необхідність великих фундаментів;
- швидке зношення рухомих деталей (поршневих кілець, манжет);
- нерівномірність подачі продукту.

Крім того клапани, поршні і інші рухливі деталі утрудняють санітарну обробку насоса, а його тихохідність обумовлює застосування редукторів в приводі, що ускладнює конструкцію насоса

Для зниження механічного впливу, що надаються насосами на напівв’язкі продукти, використовують мембранні насоси.

Мембранні насоси

Робочий орган насоса має гумову мембрану, по зовнішньому колу затиснуту між корпусом і кришкою. У центрі мембрана пов'язана з кривошипно-шатунним механізмом. Всмоктуючий і нагнітальний клапани кріпляться на різьбленні до відведення, виконаного разом з кришкою, в гніздах якого розташовані гумові кульові клапани. Пристрій мембранного насоса представлений на рис. 10.4.

Під час роботи насоса мембрана, здійснюючи поворотно-поступальне рух, засмоктує продукт при русі у бік приводу, а потім, рухаючись ліворуч у бік кришки, нагнітає його в трубопровід.

До переваг діафрагменних насосів відносяться:

- мінімальний механічний вплив на продукт;
- висока гігієнічність;
- зручність для санітарної обробки.

До недоліків відносять:

- швидкий знос мембрани;
- нерівномірна подача продукту.

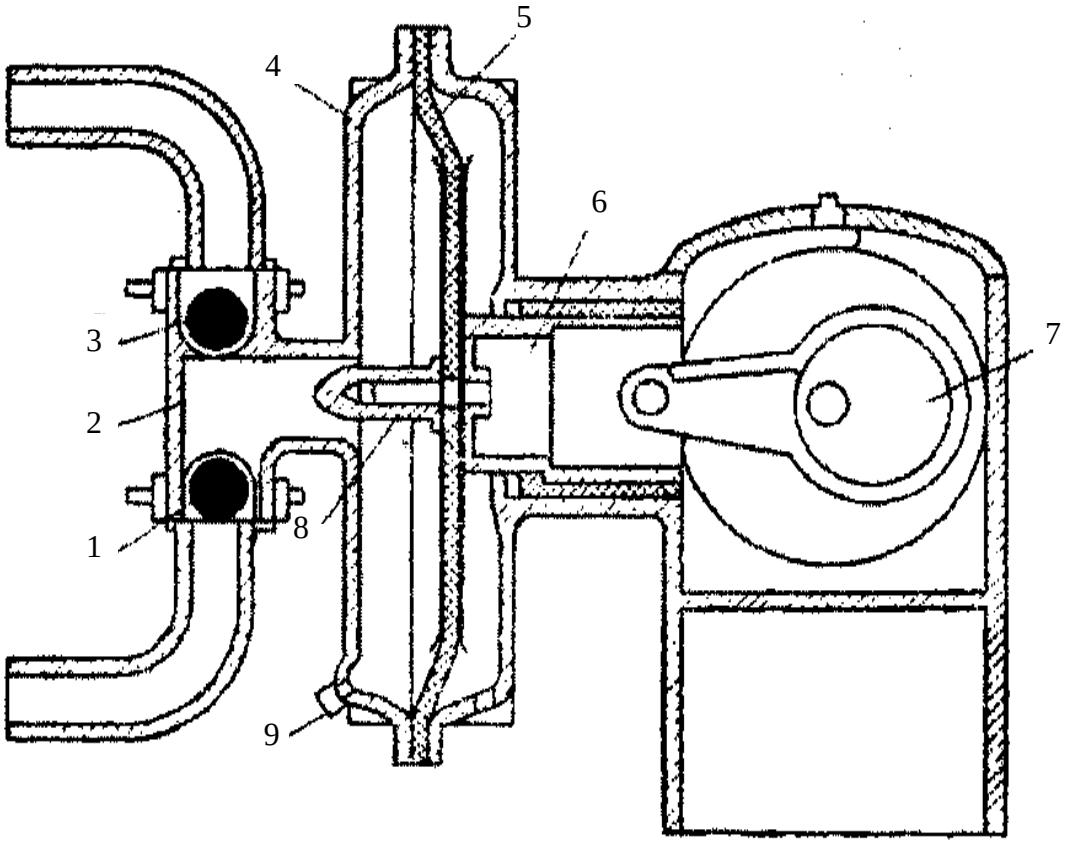


Рис 10.4. - Мембранний насос

1 - всмоктуючий клапан; 2 - клапанна коробка; 3 - нагнітальний клапан; 4 - кришка насоса; 5 - діафрагма; 6 - поршень; 7- кривошипно-шатунний механізм; 8 - спускний кран; 9 - спускна гайка

Шестеренні насоси

Роторні, або ротаційні, насоси відносяться до насосів об'ємного типу. Це шестеренні насоси із зовнішнім і внутрішнім зачепленням, жорстким і гнучким ротором, насоси гвинтові і спеціальні. Схема шестеренних насосів представлена на рис. 10.5, технічна характеристика шестеренних насосів – в таблиці 10.2.

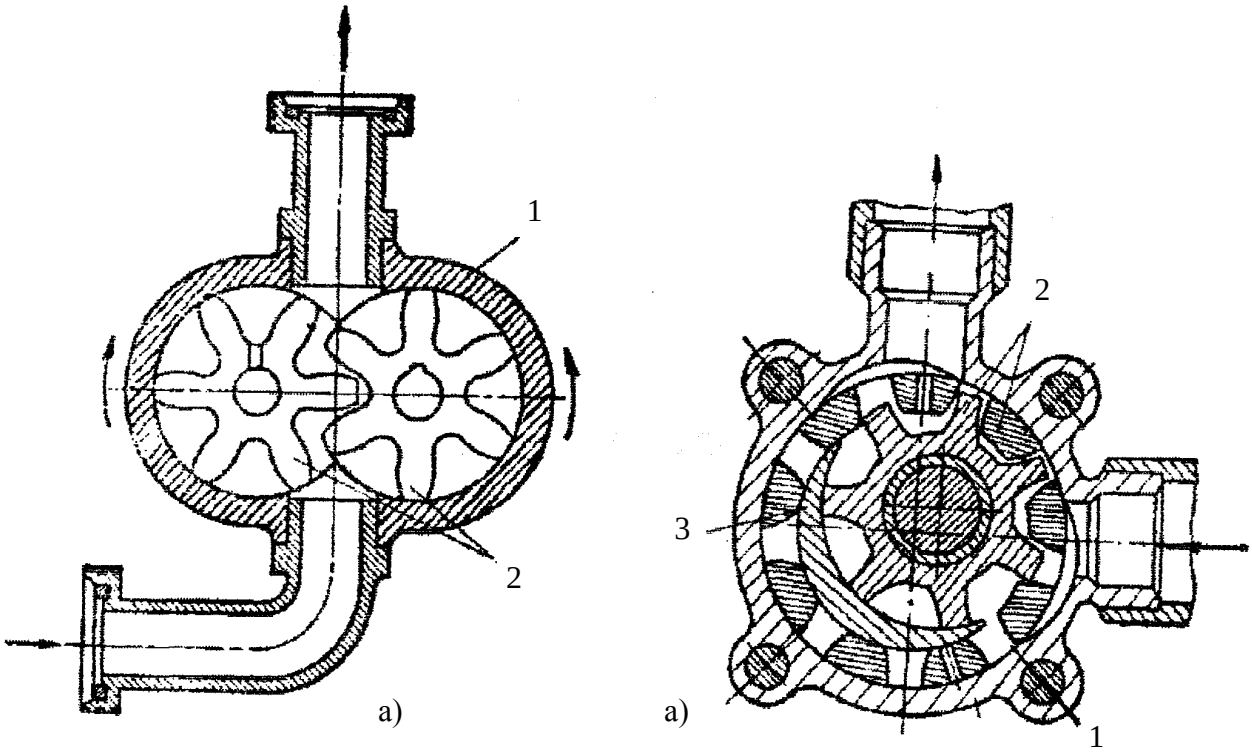


Рисунок-10.5. - Схема шестеренних насосів :
а - із зовнішнім зчепленням; б - з внутрішнім зачепленням;
1 - корпус; 2 - шестерні; 3 - виступ в корпусі.

Шестеренні насоси застосовують для перекачування молочних продуктів підвищеної в'язкості (згущеного молока, вершків, сметани), а також для подачі суворо певної кількості молочних продуктів в апарати.

Шестеренні насоси, що експлуатуються в молочній промисловості, випускають двох типів: із зовнішнім і внутрішнім зчепленням. Насоси з внутрішнім зчепленням відрізняються від насосів із зовнішнім зчепленням меншими габаритами і питомим тиском, а також більшою зносостійкістю.

Шестеренний насос складається із корпусу з розташованими в ньому ведучої шестерні, яка приводиться в рушення від приводу, і веденої, що вільно обертається в підшипниках кочення. Спеціальні ущільнені пристрої виключають просочення рідини назовні. Принцип дії насоса полягає в наступному: при обертанні шестерень на стороні, де зуб’я виходять із зачеплення, створюється розрідження і відбувається всмоктування рідини, що знаходиться в місткості під атмосферним тиском. Рідина, що поступила, заповнює порожнину між зуб’ями

і переноситься шестернями до вихідного патрубка Тут зуб’я входять в зачеплення, внаслідок чого рідина під тиском витісняється з порожнини, утвореної впадинами зуб’єв, в нагнітальну лінію.

Недоліки шестеренних насосів - невеликий ККД через великі втрати на тертя між зубцями, мала подача і підвищений знос робочих органів.

Відцентрові насоси

Найбільше поширення в молочній промисловості отримали відцентрові насоси. Ці насоси застосовують для подачі малов’язких продуктів: суцільного і знежиреного молока, пахти, сироватки і вершків. Відцентровий насос представлений на рис. 10.6.

Відцентровий насос складається з наступних основних частин: робочого колеса (дискові насоси) або лопаті (лопатеві насоси) з лопатками, зігнутими в сторону протилежну обертанню колеса; вала (електродвигуна), на якому нерухомо укріплене колесо; корпуси з нагнітальним патрубком; кришки з центральним всмоктуючим патрубком і ущільненого пристрою.

Принцип його дії полягає в тому, що при обертанні рідина засмоктується в насос через всмоктуючий трубопровід і поступає в насос на лопатки колеса. При обертанні колеса рідина під дією відцентрової сили рухається вздовж криволінійної лопатки від центра до периферії в спіральній камері корпусу. Потім рідина по спіральному каналу, що розширяється, переміщається до напірного патрубка насоса. Лопатеве колесо обертається на валу за годинниковою стрілкою так, щоб рідина, отримуючи кінетичну енергію від обертання в колесі, мала можливість при мінімальних опорах сходити з великою швидкістю з лопатки в спіральну камеру, де по мірі збільшення живого перетину спірального каналу швидкість рідини меншає, а тиск зростає. Технічна характеристика відцентрових насосів представлена в таблиці 10.3.

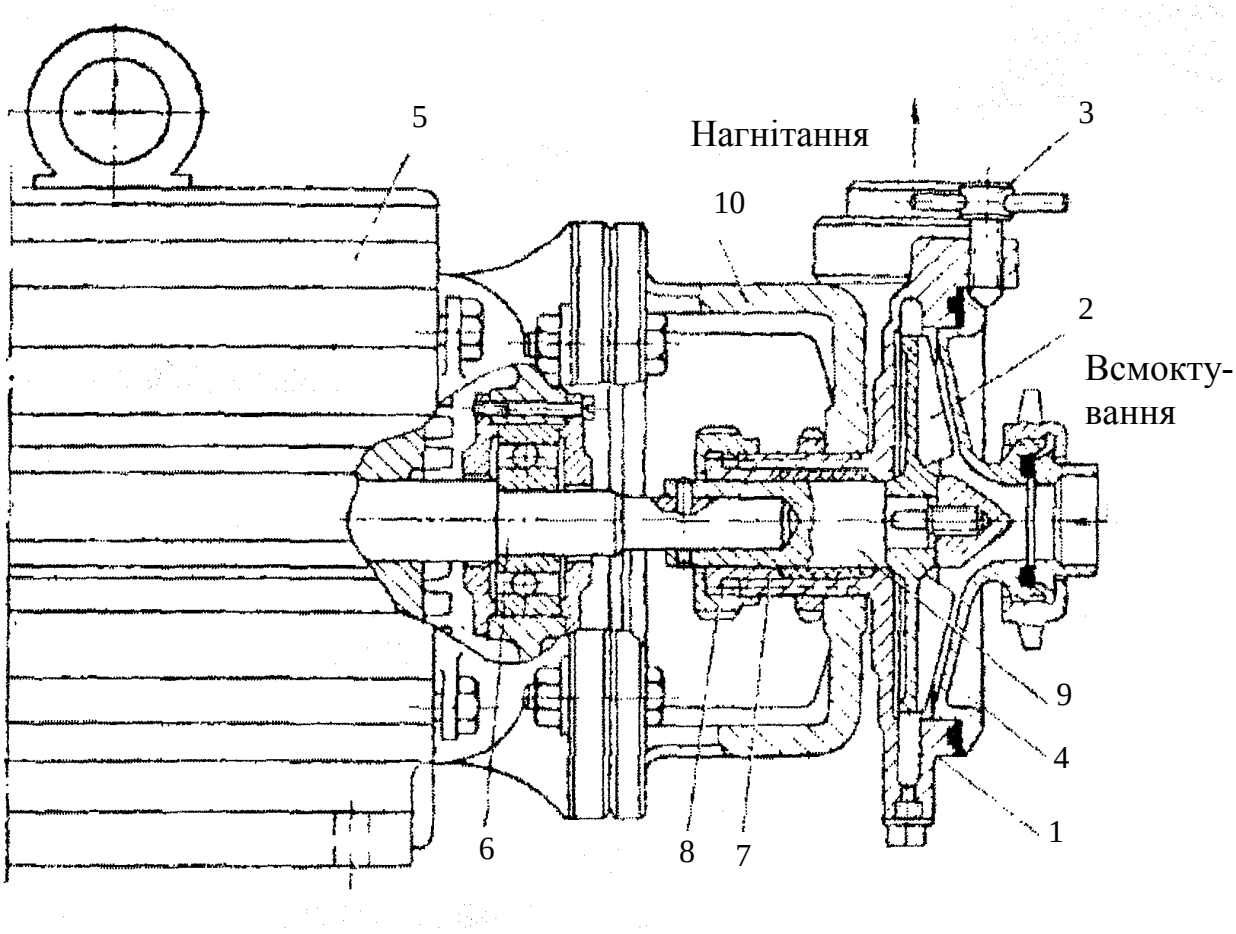


Рисунок 10.6- Відцентровий насос:
1 - корпус; 2 - робоче колесо; 3 - гвинт; 4 - кришка; 5 - двигун; б - вал; 7 - сальник; 8 - гайка; 9 - насадка; 10 - кронштейн.

Переваги відцентрових насосів:

- •• високий коефіцієнт корисної дії;
- забезпечення великого натиску і подачі
- рівномірна подача рідини;
- нескладне регулювання продуктивності (краном, встановленим на нагнітальному трубопроводі);
- компактність;
- невеликі вага і габарити;
- установка без фундаменту;
- простота конструкції;
- швидке і легке збирання-розбирання для санітарної обробки;
- надійність в роботі і довговічність;
- зручність приєднання до трубопроводів;
- простота приводу (безпосереднє з'єднання робочого колеса з валом електродвигуна).

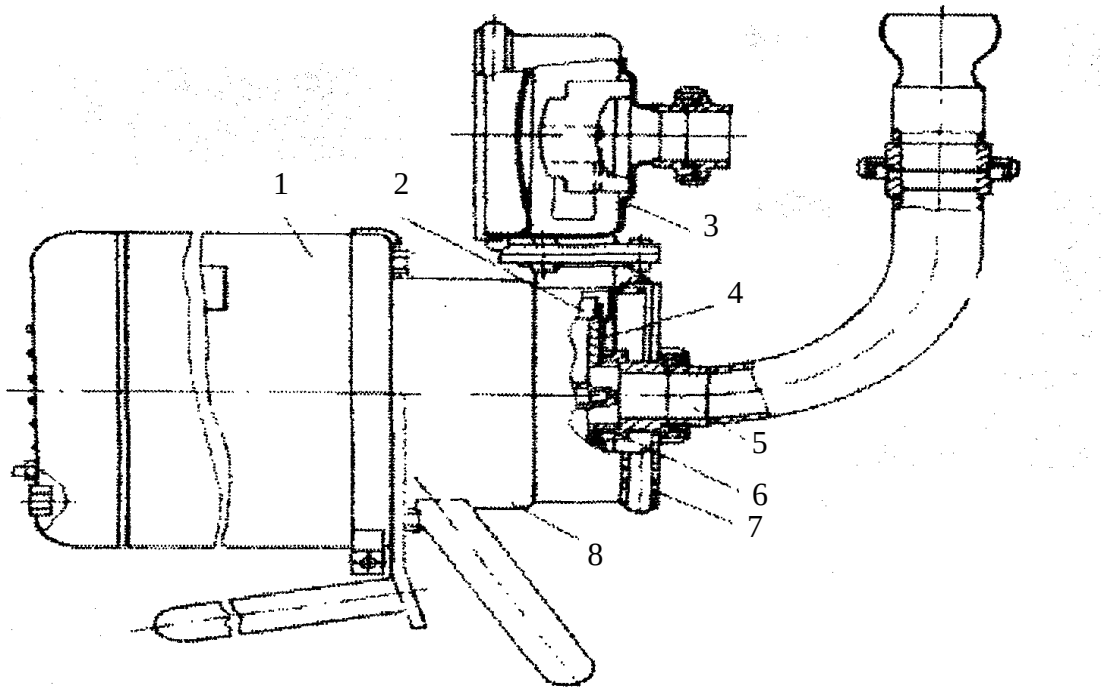


Рисунок 10.7.- Самовсмоктуючий відцентровий насос

1 - двигун; 2 - сопло; 3 - повітровідділювач; 4 - кришка; 5 - всмоктуючий патрубок; 6 - робоче колесо; 7 - зажимний пристрій; 8 - корпус.

Недолік насосів - необхідність роботи під затоку, для чого насос встановлюють нижче за ємність, з якої перекачується рідина.

Звичайний відцентровий насос не може працювати як самовсмоктувач. Цю властивість він придбав внаслідок застосування повітровідділювача, сопла і зігненого вгору всмоктуючого патрубка. Самовсмоктуючий відцентровий насос представлений на рис. 10.7.

Працює такий насос таким чином. Робоче колесо насоса, заповненого до верхнього рівня всмоктуючого патрубка рідиною (молоком), утворює в робочій камері повітряно-рідинну суміш і виштовхує її через сопло у повітровідділювач. Рідина, що звільнилася у повітровідділювачі від повітря, повертається в робочу камеру. Цей процес продовжується доти, поки не буде створено необхідне розрідження для підйому рідини через всмоктуючий трубопровід і заповнення робочої камери, після чого насос працює як відцентровий. При наступних повторних включеннях процес поновлюється завдяки рідині, що залишилася в його робочій камері.

1.3 Обладнання для зберігання молока та молочних продуктів

Прийом, короткочасне або тривале зберігання молока здійснюються у флягах і резервуарах різного типу.

До резервуарів загального призначення відносять молокоприймальні баки і ємності для зберігання молока. Стінки останніх, як правило, мають термоізоля-

ційний шар. У таких резервуарах-термосах якісні зміни молока при його короткочасному зберіганні зведені до мінімуму. До резервуарів спеціального призначення відносяться ємнісні теплообмінні апарати, призначені для якісних змін молока й одержання різних молочних продуктів. До них відносяться охолоджувачі молока резервуарного типу, ванни тривалої пастеризації, універсальні резервуари, резервуари для дозрівання вершків і виробництва кисломолочних напоїв і інше технологічне обладнання, що має в якості основного робочого органа яку-небудь ємність.

Фляга являє собою циліндричний корпус зі сферичним днищем і горловиною, що закривається кришкою з замком. Кришка шарнірно кріпиться до вусиків, приварених до опорного обруча, насадженого на горловину. Ущільнювальна прокладка, виконана з харчової гуми і вставлена по окружності в кільцеву канавку кришки, при її закриванні забезпечує необхідну герметичність фляги. Дві ручки для переносу фляги приварені до спеціальної манжети, насадженої на горловину. Нижній опорний обруч охороняє корпус фляги від механічних ушкоджень під час експлуатації.

Промисловість випускає фляги з нержавіючої сталі, алюмінію або зі спеціальної листової сталі з наступним лудінням. У фляги місткістю 38 дм^3 внутрішній діаметр резервуара 340 мм, а діаметр горловини — 170 або 220 мм відповідно при товщині стінки зі сталі 1,25 мм або з алюмінію 3,0 мм.

Алюмінієві фляги ФА-38 легші і дешевші за сталеві ФЛ-38, але поступаються їм за міцністю та гігієнічністю. Маса фляг відповідно 8,5 і 11 кг, висота — 580 мм.

Баки різної місткості служать для прийому молока і накопичування його перед обробкою. Їх виготовляють з харчового алюмінію, що не іржавіє або декапированої сталі, з лудінням останньої оловом марки 01 або 02. Бак має прямокутну форму з відбортовкою по периметру і зверху закривається знімною кришкою. Для зливу молока бак має штуцер з накидною гайкою. До штуцера приєднаний прохідний кран. Дно резервуара має ухил 1,5-3 град у бік зливального крана, а кути закруглені плавними радіусами. До днища резервуарів приварені підставки з кутового профілю.

Вакуумована молочна цистерна складається з циліндричного корпуса, двох сферичних днищ, кришки і зливального крана. По окружності кришки мається канавка для плоского гумового кільця, що служить ущільнювачем при герметизації цистерни.

Цистерни випускаються в пересувному і стаціонарному виконаннях і можуть використовуватися як у технологічних лініях по переробці молока, так і в доїльних установках. Частіше за інші застосовуються вакуумовані ємності місткістю 0,6 м^{3}з алюмінієвого сплаву.

Резервуари для прийому і зберігання молока випускаються двох типів: вертикальні і горизонтальні.

Підвищення температури молока за 24 г. зберігання в таких резервуарах при різниці температур навколишнього повітря і продукту, рівної 24°С, допускається не більше ніж на 2°С.

Резервуар-термос являє собою циліндричну судину, що має корпус з алюмінієвого листа і кожух зі сталевого. Простір між ними заповнено фенолформальдегидним пластиком, що служить термоізоляцією. У верхній частині резервуара передбачені оглядове вікно, світильник, мийний пристрій, датчик верхнього рівня і повітряний клапан. Оглядове вікно і світильник призначені для періодичного огляду внутрішньої порожнини резервуара. Мийний пристрій виконаний у виді двох трубчастих напівдуг з отворами для подачі розчину. При витіканні миючого розчину з отворів трубчасті дуги обертаються за рахунок виникаючих при цьому реактивних сил. При цьому внутрішня поверхня резервуара рівномірно зрошується миючим розчином.

Датчик верхнього рівня сигналізує про заповнення робочого обсягу резервуара, а повітряний клапан впускає і випускає повітря при спорожнюванні і заповненні резервуара.

У середній частині резервуара розташовані люк, термометр, кран для добору проб, пристрій для контролю за рівнем молока і стаціонарні сходи для обслуговування верхньої частини.

У нижній частині термоса маються пристрій, що перемішує, датчик нижнього рівня й опори. Пристрій, що перемішує, складається з відцентрового насоса, ежектора, кранів і з'єднуючих їх трубопроводів.

Наповняється резервуар через нижній патрубок. Цей же патрубок служить і для спорожнювання ємності шляхом переключення триходового крана. Припинення заповнення або спорожнювання супроводжується подачею світлового або звукового сигналу.

При доборі проб користуються спеціальним краником, а температуру молока контролюють термометром.

Вертикальні резервуари-термоси в порівнянні з горизонтальними дозволяють краще використовувати висоту приміщення, а також швидше спорожняються. Горизонтальні резервуари-термоси мають аналогічний пристрій (рис 10.8). Вони утворюють менший тиск на опорну поверхню. Їх можна вмонтувати в стіни переробного підприємства і у такий спосіб заощадити його корисну площу. В цьому випадку усередині приміщення розміщають лише передню частину резервуара з прийомним і зливальним патрубками, люком і контрольними приладами; іншу частину розташовують поза приміщенням і встановлюють над нею легкий навіс для захисту від опадів і сонячних променів.

На великих переробних підприємствах можуть застосовуватися ємності для зберігання молока місткістю 25 (Г6-ОМГ-25), 50 (В2-ОХР-50) і 100 м^3 (В2-ОХР-100). Дві останні, як правило, установлюються поза будинками.

За конструктивним виконанням резервуари спеціального призначення поділяються на вертикальні і горизонтальні; за призначенням – на резервуари-охолоджувачі молока, ванни для нагрівання молока й універсальні теплові апарати; за типом пристрою, що перемішує – з лопатевими, пропелерними і спеціальними мішалками.

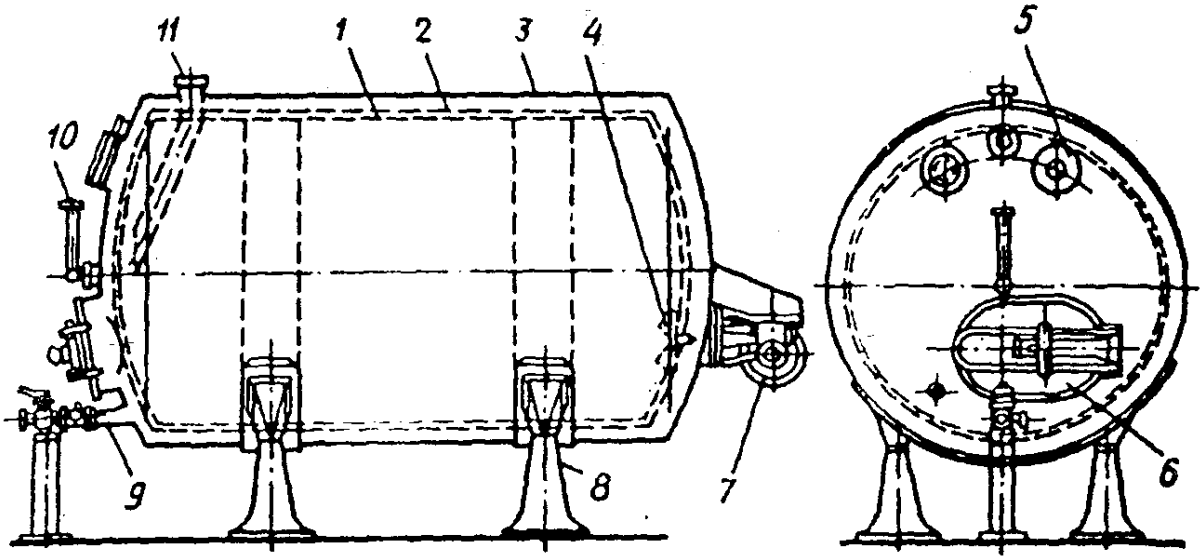


Рис. 10.8. Горизонтальний резервуар для зберігання молока:

І - робітник резервуар; 2 - теплоізоляція; 3 - кожух; 4 - мішалка; 5 - оглядове вікно; 6 - люк; 7 - привод мішалки; 8 - опорні ніжки; 9 - зливальний патрубок; 10 - термометр; 11 - наливна труба

В залежності від конструкції системи теплової обробки продукту (охолодження або нагрівання) резервуари поділяються на ємності з теплообмінною сорочкою, зі зрошувальною системою, з теплообмінником у вигляді змійовика і комбінованим теплообмінним пристроєм.

Молоко в резервуарах-охолоджувачах охолоджують двома способами: безпосередньо киплячим у випарнику холодоагентом або за допомогою проміжного холодоносія, тобто води або розсолу від холодильної установки.

Нагрівання молока у ваннах тривалої пастеризації або в універсальних теплових апаратах здійснюється шляхом подачі в теплообмінну сорочку резервуара гарячої води або пропущенням через воду, що знаходиться в сорочці, пари.

Резервуар для виготовлення кисломолочних продуктів складається з внутрішнього корпуса (рис. 10.9) циліндричної форми, теплообмінної сорочки, теплоізоляції і зовнішнього корпуса. Для його заповнення і спорожнювання служить патрубок.

Усередині резервуара знаходиться мішалка рамного типу. У нижній його частині мається патрубок для видалення з теплообмінної сорочки тепло- або холодоносія. Люк для огляду і ремонту робочої поверхні розташований у середній частині.

Миючий пристрій, що знаходиться у верхній частині резервуара, являє собою реактивну вертушку.

Молоко або вершки, попередньо нагріті до температури сквашування, а також закваска подаються в резервуар через нижній патрубок насосом.

Перемішування молока (а згодом продукту) здійснюється по мірі необхідності мішалкою.

Готовий продукт охолоджується крижаною водою або розсолом. Холодоносій зрошує зовнішню поверхню внутрішнього корпуса, випливаючи з перфорованої труби, розташованої по периметрі теплообмінної сорочки в її верхній частині. Охолодження продукту здійснюється при його безперервному перемішуванні. Готовий продукт віддаляється з резервуара через патрубок і насосом подається на розфасовку.

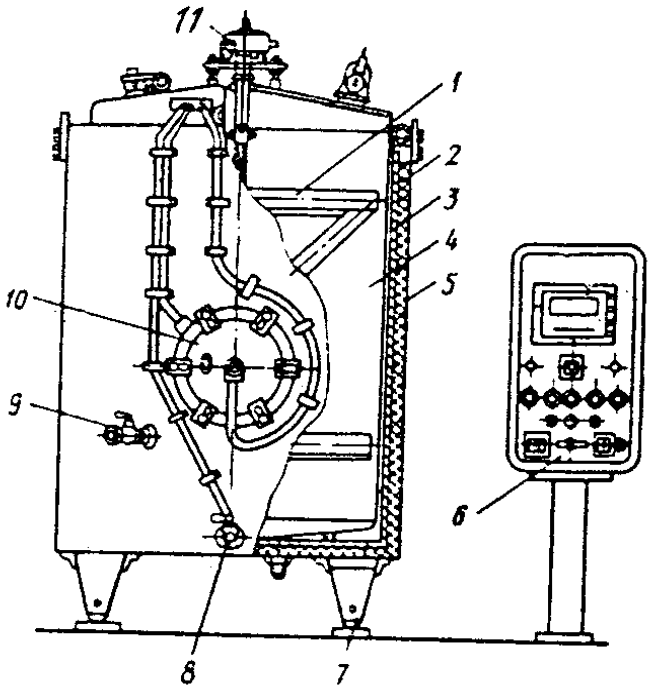


Рис. 10.9. Резервуар для виготовлення кисломолочних продуктів:
I ~ мішалка; 2 - теплоізоляція, 3 - теплообмінна сорочка: 4 - внутрішній корпус; 5 - зовнішній корпус; 6 - пульт керування; 7 - ніжки; 8 - патрубок заповнення-опорожнення; 9 - пробовідбірний кран; 10 -люк; 11 - привод мішалки

Ванни тривалої пастеризації В1-ВД2-П, Г6-ОПА-600 і Г6-ОПБ-1000 місткістю відповідно 0,35; 0,6 і 1 м^3 несуттєво відрізняються від описаного резервуара. У них відсутня орошальна перфорована труба для подачі холодоносія. Теплообмінна сорочка має переливну трубу і пароросподільну голівку, до якої через трубопровід подається пара.

Для охолодження продукту, що знаходиться у ванні, у теплообмінну сорочку подається холодна вода.

Для нагрівання і пастеризації продукту в теплообмінну сорочку з водою через пароросподільну голівку подається пара.

Ванни обладнані мішалкою пропелерного типу.

Резервуари універсального типу, як і ванни тривалої пастеризації, дозволяють піддавати молоко або продукт його переробки як нагріванню, так і охолодженню.

Резервуар цього типу мало відрізняється від описаного вище.

Разом з цим конструкція універсального резервуара дозволяє значно інтенсифікувати процеси охолодження і нагрівання, продукту що знаходиться в ньому. Досягається це тим, що охолодження продукту в резервуарі здійснюється за допомогою пристрою, що зрошує, (рис.10.10.), виконаного у виді кільцевої перфорованої труби, і змійовика, розташованого в нижній частині резервуара.

Вода нагрівається парою, що подається у барботер. Циркуляцію гарячої води забезпечує відцентровий насос.

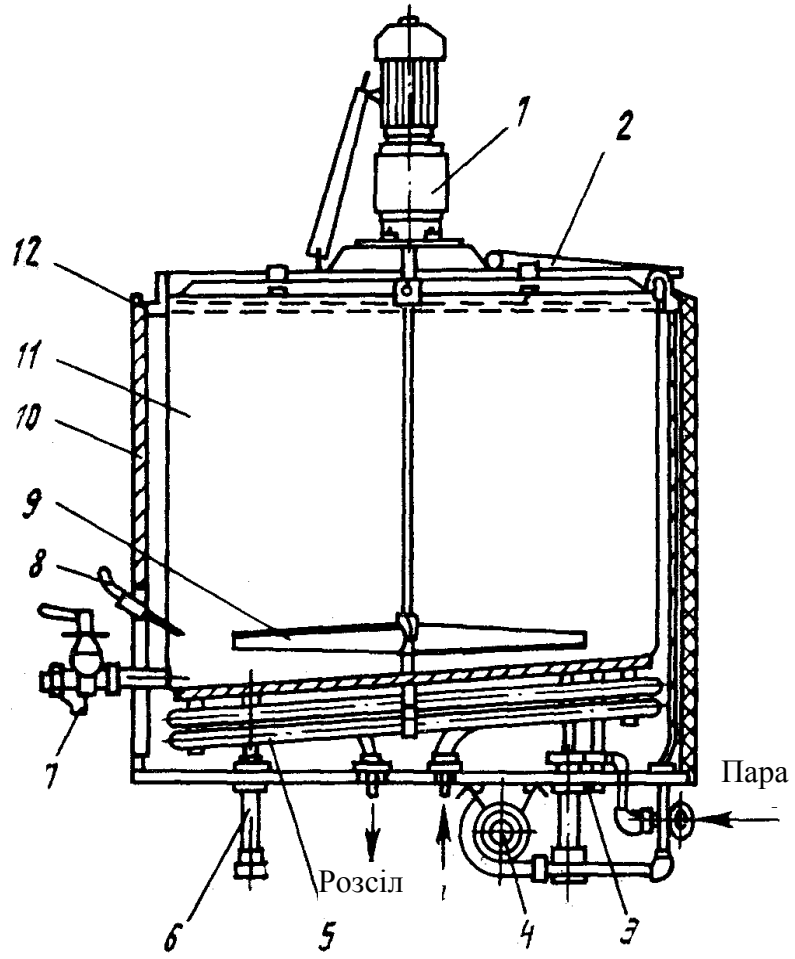


Рис. 10.10. Резервуар універсального типу:

1 - привід мішалки; 2 - кришка; 3 - барботер; 4 - відцентровий насос; 5 - змійовик; 6 - ніжки; 7 - патрубок наповнення-спорожнювання; 8 - термометр опору; 9 - мішалки: 10 - зовнішній корпус; 11- внутрішній корпус; 12 - пристрій, що зрошує

Універсальний танк Г2-ВІД2-а місткістю 1 м^3 має аналогічний пристрій, однак відрізняється тим, що змійовик розташований у верхній частині резервуара і приварений до внутрішньої ванни у виді спіралі.

2.Обладнання для механічної обробки молока і молочних продуктів

2.1 **Класифікація обладнання**

Під механічною обробкою молока і молочних продуктів звичайно розуміються технологічні процеси, що не приводять до зміни хімічного складу вихідного продукту.

Найбільш розповсюджений вид механічної обробки молока — його поділ на фракції як неоднорідної системи. Молоко в цьому випадку піддається очищенню від забруднень або з нього виділяють жир у вигляді вершків.

Сироватка або знежирене молоко за допомогою мембранних методів розділяється на фільтрат і концентрат.

При виробництві деяких молочних продуктів (сир, казеїн і т.д.) після коагуляції молока виробляється поділ сирної, казеїнової або сирної маси на згусток і сироватку.

Іншим, не менш розповсюдженим видом механічної обробки молока і молочних продуктів, є їхня гомогенізація. Вона служить для зміни фізичних властивостей молока і молочних продуктів шляхом дроблення їхніх часток, запобігає розшаруванню молока або вершків при їхньому зберіганні. Гомогенізація вершкового масла і плавленого сиру поліпшує смакові якості продуктів і умови їхнього зберігання.

Механічна обробка молока і молочних продуктів здійснюється за допомогою фільтрів, мембранних фільтраційних апаратів, сепараторів, центрифуг і гомогенізаторів.

2.2 Фільтри

Видалення з молока і молочних продуктів різних механічних домішок, осаду й окремих складених компонентів відбувається за допомогою пористої перегородки, здатної пропускати рідину, але затримувати зважені в ній тверді частки призначені фільтри.

Основною частиною будь-якого фільтра є фільтрувальний елемент, у якості якого використовуються тканини з волокон рослинного і тваринного походження, а також із синтетичних, скляних, керамічних і металевих матеріалів. Фільтрувальні елементи, виготовлені із синтетичних волокон полівінилхлоридні, поліамідні, лавсанові), за своїми властивостями у багатьох відношеннях перевершують бавовняні і вовняні, тому що сполучать високу механічну міцність з термостійкістю і несприйнятливістю до впливу мікроорганізмів.

Металеві елементи виконуються у виді сіток і тканин з нержавіючих сталей, а також перфорованих аркушів. Останні звичайно використовуються при поділі систем, що містять грубодисперсні частки, і як опорні перегородки для фільтрувальних тканин.

У молочній промисловості застосовуються фільтри періодичної і безперервної дії. Більшість з них працює у закритому потоці під вакуумом або при надлишковому тиску в системі.

В залежності від конструкції фільтруючого елемента фільтри поділяються на циліндричні і дискові.

Циліндричні періодичної дії бувають з одноразовими і багаторазовими фільтруючими елементами.

Циліндричний фільтр із фільтруючим елементом багаторазової дії являє собою циліндричний корпус (рис 10.11) з конічним днищем і сферичною криш-

кою. Внизу корпусів розташовані патрубки для підведення продукту і відводу очищеного молока. Всередині корпуса знаходяться дві латунні сітки з фільтруючою тканиною: внутрішньою і зовнішньою. Молоко під тиском надходить через патрубок у фільтр і послідовно проходить внутрішню і зовнішню сітки. З фільтра молоко віддаляється через патрубок.

Дисковий фільтр періодичної дії складається з корпуса (рис. 10.12), закритого зверху кришкою і клапаном. Збоку корпуса розміщений патрубок для входу молока, знизу — патрубок із трубою для виходу молока з фільтра. Усередині корпуса встановлений набір дисків з отворами. Між дисками затиснуті фільтруючі елементи.

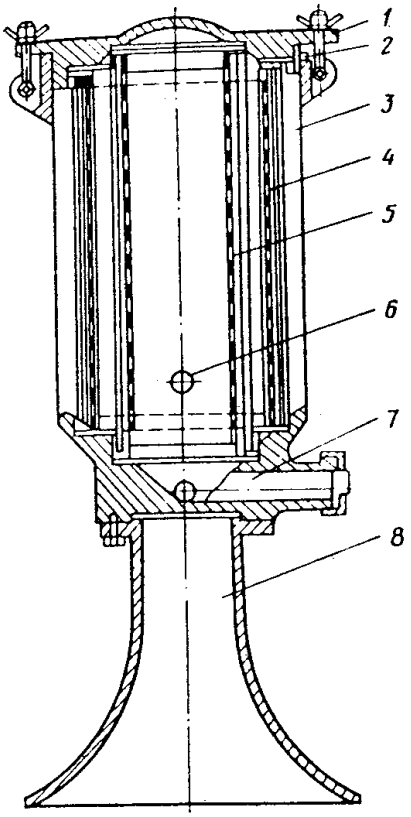


Рис. 10.11. Циліндричний фільтр:
I -кришка; 2 гумова прокладка; 3 - корпус; 4 - зовнішня сітка; 5 - внутрішня сітка; 6 - патрубок, що відводить; 7 – патрубок, що підводить; 8 - підставка .

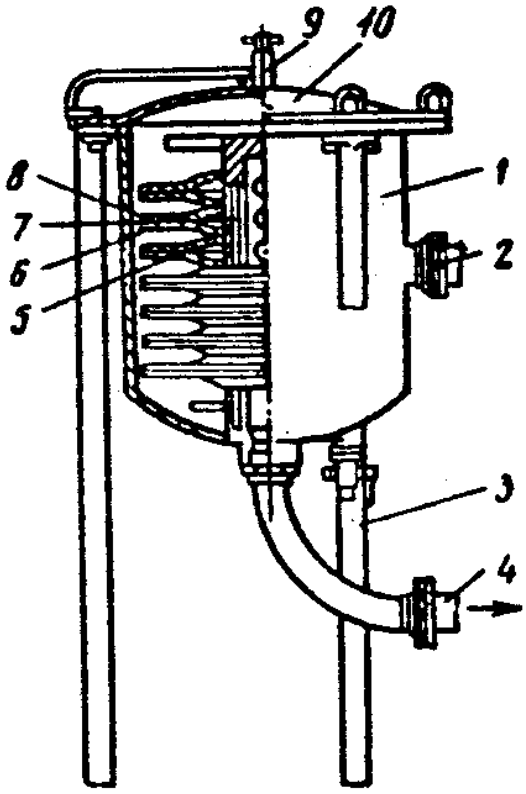


Рис.16.12. Дисковий фільтр:
I - корпус; 2 - патрубок для входу молока; 3 -стійки; 4 - патрубок для виходу молока; 5 - циліндрична склянка; 6 - фільтруючий елемент; 7 - отвір; 8 - диск; 9 - клапан для випуску повітря; 10 – кришка.

2.3 Сепаратори

Фізична сутність процесу сепарування молока, як і будь-якої гетерогенної системи, полягає в осадженні дисперсної фази в поле дії гравітаційних і відцентрових сил.

Молочні сепаратори за призначенням поділяються на вершковідділювачі, нормалізатори, сепаратори для одержання високожирних вершків, молоко очисники й універсальні зі змінними барабанами. За способом подачі молока і відводу продуктів сепарування розділяються на відкриті, напівзакриті, закриті.

У відкритих подача молока, відвід вершків і обрата відбуваються у зіткненні з повітрям. У цьому випадку утворюється молочна піна, що погіршує умови експлуатації сепараторів. Продуктивність до 0,3 кг/с.

У напівзакритих подача молока здійснюється відкритим способом, а відвід продуктів — закритим, під напором, створюваним барабаном сепаратора. Продуктивність 0,5-1,0 кг/с.

У закритих (герметичних) сепараторах подача молока і відвід продуктів сепарування відбуваються без доступу повітря під тиском по трубах. Продуктивність понад 1,0 кг/с.

За способом видалення з барабана механічних домішок і білкового згустку сепаратори поділяються на сепаратори з ручним вивантаженням осаду (зупинка сепаратора, розбирання й очищення барабана), з періодичним відцентровим вивантаженням осаду через вікна в корпусі барабана (саморозвантажні) і з безперервним вивантаженням осаду через сопла по периферії корпуса барабана (сирні).

У залежності від типу привода сепаратори можуть бути з ручним приводом через редуктор з електроприводом, що підвищує обороти.

Передача обертання від електродвигуна до барабана в сепараторах другої групи здійснюється за допомогою гвинтової пари або пасової передачі Барабани сепараторів з невеликою продуктивністю встановлюються безпосередньо на валові двигуна.

Одним з основних технологічних параметрів, що характеризують роботу сепараторів, є температура продукту, що сепарується або очищається.

Сепаратори для сепарування або очищення молока розраховані на обробку продукту температурою 40-45°С.

Сепаратори для одержання високожирних вершків призначені для сепарування й очищення вершків з масовою часткою жиру 30-40% і температурою 65-95°С.

Сепаратори для холодного очищення молока служать для роботи з продуктом при температурі 4-10°С.

Основними вузлами сепаратора будь-якого типу є (рис.10.13) станина, що складається з корпуса і чаші, барабан, приймально-вивідний пристрій і привідний механізм, що включає в себе вертикальний вал (веретено) і горизонтальний вал із зубчастим колесом.

У корпусі станини розміщається приводний механізм, на вертикальному валові якого встановлюється барабан. Чаша станини закрита кришкою, що служить для розміщення приймально-вивідного пристрою.

У саморозвантажних і соплових сепараторів мається приймач осаду або згущеної фракції (наприклад, сирного згустку). Електродвигун фланцевого виконання розташований збоку станини, і його вал з'єднується з приводним механізмом через розгінну відцентрову фрикційну муфту.

У залежності від технологічного призначення сепараторів їхні барабани розрізняються не тільки схемами (рис. 10.14), але і конструктивним виконанням.

У сепараторів відкритого типу приймально-вивідний пристрій являє собою так названий молочний посуд, що надягається на чашу станини (рис. 10.15) сепаратора.

В сучасних сепараторах - вершковіддільниках в обрат потрапляють жирові кульки, розмір яких складає менше 0,1 мкм, при цьому в знежиреному молоці залишається 0,02-0,05% жиру (табл. 10.6).

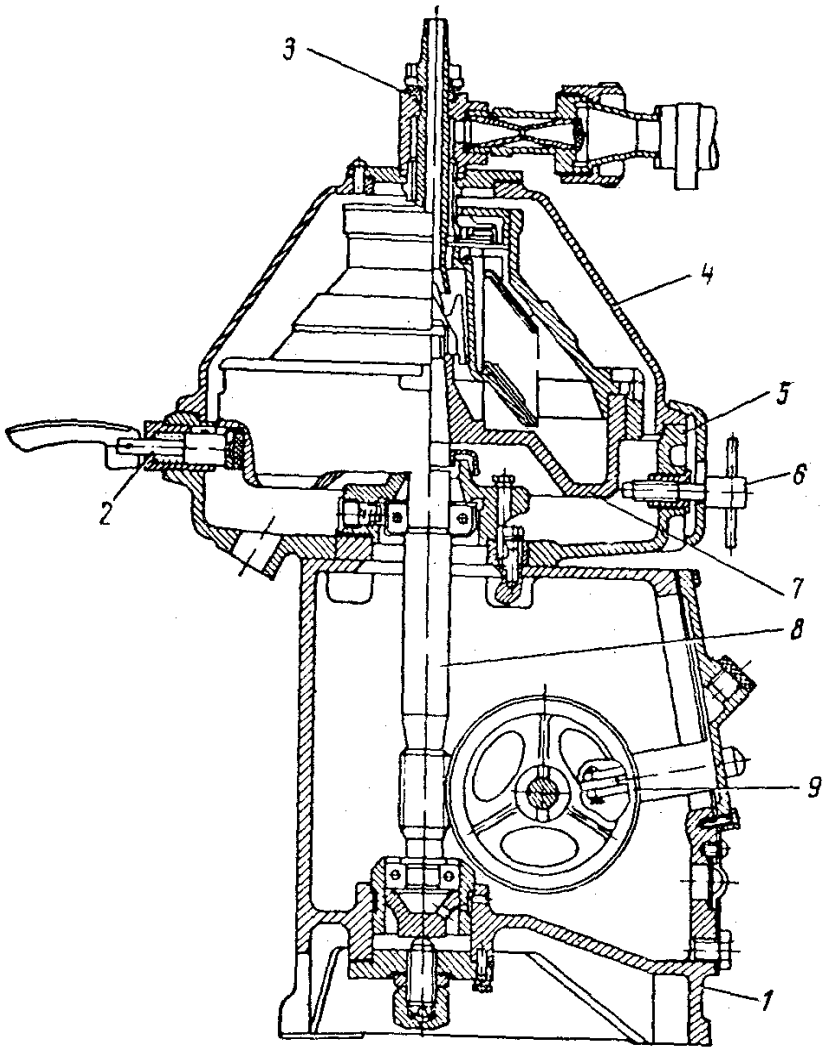


Рис. 10.13. Сепаратор-молокоочисник напівзакритого типу з ручним вивантаженням осаду.

І - корпус станини; 2 - гальмо; 3- приймально-вивідний пристрій; 4 – кришка сепаратора; 5 - чаша станини; 6 - стопор барабана; 7 - барабан; 8 - вертикальний вал (веретено); 9 - зубчасте колесо горизонтального вала

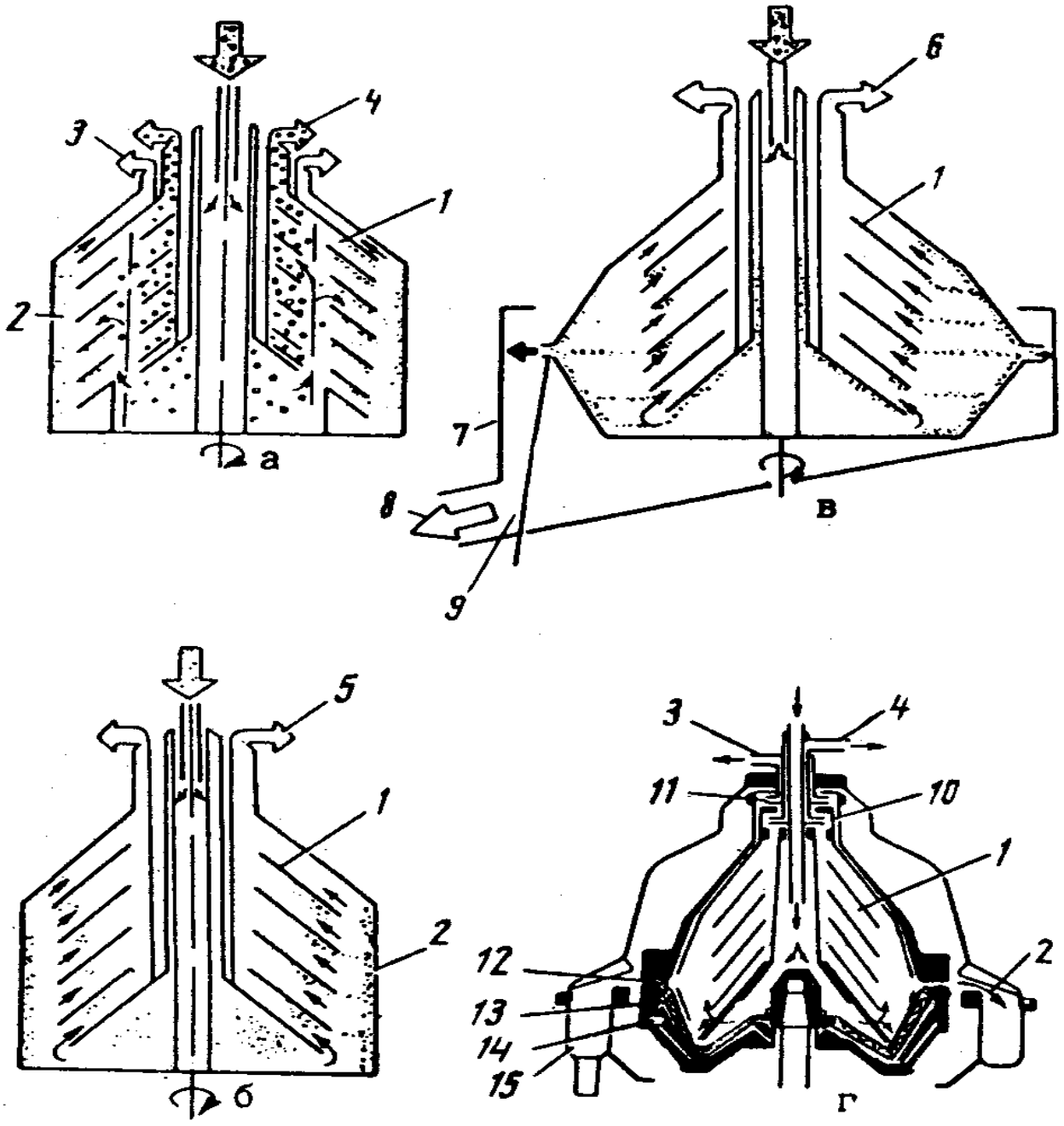


Рис. 10.14. Технологічні схеми сепараторів різних типів:

а - барабан сепаратора-роздільника (вершковідділювача); б - барабан сепаратора-освітлителя (молокоочисника); в - барабан соплового сепаратора (сирного); г - барабан сепаратора з періодичним відцентровим вивантаженням осаду (ліворуч — вихід осаду закритий, праворуч — відкритий): І - тарілчасті вставки; 2 - осад (сепараторний слиз); 3 - важка фракція (знежирене молоко); 4 - легка (вершкова) фракція; 5 прояснена рідина (чисте молоко); 6 - сирна сироватка; 7 - приймач сиру; 8 - сирний згусток; 9 - сопло; 10 - напірний диск вершків; 11- напірний диск знежиреного молока; 12 - розвантажувальні вікна; 13 - рухливе днище (поршень); 14 - клапан керування рухом поршня; 15 - приймач осадка

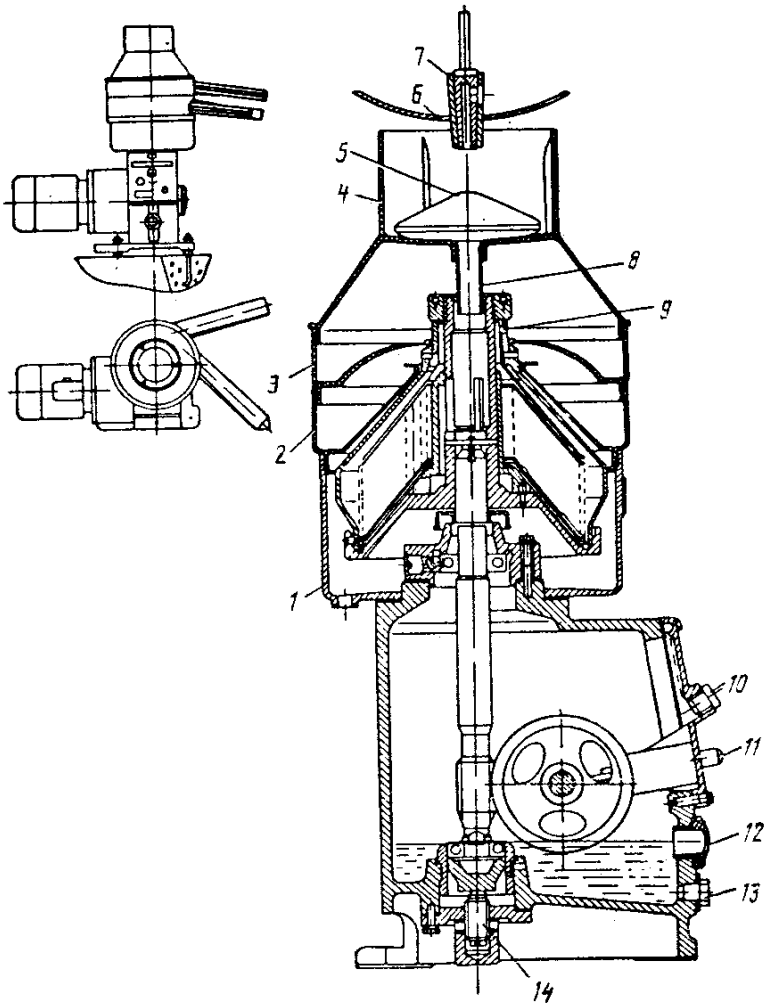


Рис. 10.15. Сепаратор-вершковіддільник відкритого типу:

1 - чаша станини; 2 - розподільна камера знежиреного молока; 3 - розподільна камера вершків; 4 - прийомна поплавкова камера; 5 - поплавець; 6 - молочний резервуар; 7 - крап; 8 - трубка поплавкової камери; 9 - гвинт регулювання .жирності вершків; 10 - пробка заливання олії; 11- кнопка пульсатора; 12 - оглядове вікно рівня олії; 13 - пробка зливу олії; 14 - гвинт регулювання барабана по висоті

При виробництві багатьох молочних продуктів як сировина використовується молоко визначеної жирності, наприклад, зі змістом жиру 3,2 або 3,5%. Таке молоко називають нормалізованим, а процес приведення молока до стандартної жирності – нормалізацією.

Найпростіший спосіб нормалізації молока полягає в додаванні до нього у визначеній пропорції обрата або вершків. Ці компоненти змішуються в резервуарах.

2.4 **Гомогенізатори**

У сучасних технологічних процесах виробництва молочної продукції одним з нормативних є гомогенізація. Цей процес представляє собою подрібнення жирових кульок молока або молочного продукту (дисперсна фаза) та одночасний рівномірний їх розподіл у плазмі молочного продукту (дисперсійна фаза). Гомогенізація використовується як для обробки сировини для молочної промисловості: незбираного або знежиреного молока та вершків, яку планується направити на подальшу обробку, так і для обробки кінцевого молочного продукту. Мета гомогенізації – механічна стабілізація дисперсної фази, для перешкоджання процесам розділення фаз тобто утворення відстою вершків на поверхні продукту. Процес цей для молочної промисловості вкрай небажаний, а у деяких її галузях – навіть неприпустимий. При розшаруванні продукту зростає швидкість його скисання, погіршуються (або припиняються) тривалі процеси дозрівання та ферментації при виробництві кисломолочної продукції, зменшуються строки зберігання отриманого продукту, що особливо важливо при зберіганні молочних консервів. Згідно з рівнянням Стокса, під час розділення діаметр частки відіграє найбільшу роль на швидкість розділення, яка пропорційна квадрату діаметра частки. Отже після гомогенізації, що зменшує діаметр жирової кульки, час з'явлення відстою збільшується. До гомогенізації середній розмір жирової кульки молока коливається за оцінками різних авторів в межах 2,5 – 4 мкм, після неї – менше 1 мкм.

Крім зменшення розшарування продукту використання гомогенізації має такі переваги:

- Зменшуються відходи жиру у сироватку при виробництві сиру у 8 – 10 разів, що дозволяє значно зменшити витрати цінного компонента молока – молочного жиру;
- Гомогенізовані молочні та вершкові суміші для морозива легше збиваються та дають готовий продукт з кращим смаком та ніжнішою консистенцією;
- Збільшення поверхні жирової фази полегшує засвоєння молочного жиру організмом людини;
- Смакові та сенсорні властивості покращуються завдяки одночасному збільшенню в'язкості та покращенню консистенції.

У розвинутих країнах Америки та Західної Європи гомогенізація поряд з пастеризацією (стерилізацією) є нормативним процесом та використовується у всіх без виключень технологічних процесах молочної промисловості.

У наш час в молочній промисловості існує досить великий спектр машин для гомогенізації. В представленій класифікації гомогенізатори поділені за трьома ознаками: за продуктивністю, за принципом дії та за робочим тиском (рис. 16.16.).

Принцип дії – це головний чинник при доборі гомогенізатора для певної технологічної лінії. Саме від нього залежить ефективність гомогенізації, питомі витрати енергії та вартість машини. Не менш важливими для гомогенізатора є такі параметри як продуктивність та робочий тиск. Про їх важливість свідчить той факт, що за цими параметрами обирається тип насосу – істотніший вузол,

від якого, головним чином, буде залежати механічний коефіцієнт корисної дії машини. Крім того, деякі види гомогенізаторів можуть бути тільки високого або тільки низького тиску. Наприклад, ультразвукові, роторні та вакуумні працюють лише при низькому тиску, а такі як клапанні існують як високого так і середнього тиску.

Отже проаналізуємо конструкції даних типів гомогенізаторів та визначимо основні їх недоліки та переваги.

Найбільш розповсюдженими на виробництві залишаються клапанні (щілинні) гомогенізатори. В таких гомогенізаторах (рисунок 10.17) необхідний тиск (10 - 25 МПа), створюється багатосекційним плунжерним насосом з приводом від електродвигуна потужністю 10 – 40 кВт.

Молоко через всмоктуючий клапан 9 подається у плунжерний насос. При нагнітальному русі плунжера 10 відкривається нагнітальний клапан 8 і молоко під тиском потрапляє у вузький кільцевий зазор, що утворюється між сідлом та клапаном 6, при підніманні клапана, долаючи силу стиснення пружини 5. Розмір кільцевого зазору регулюється гвинтом 4. Тиск контролюється за манометром 7. Ширина кільцевого зазору дорівнює приблизно 0,1 мм. Швидкість проходження молока крізь нього 150 – 200 м/с. Продуктивність цих машин 800 – 5000 кг/год (табл. 10.7).

Переваги клапанних гомогенізаторів:

- висока ступінь гомогенізації;
- широка засвоєність та масовий промисловий випуск.

Недоліки клапанних гомогенізаторів:

- висока вартість;
- дуже низький технологічний коефіцієнт корисної дії (0,0018%);
- дуже високі питомі витрати енергії (6,5 – 7,6 кВт/т);
- відсутність конструкцій з продуктивністю менше 800 л/год.;
- висока маса, металомісткість та габаритні розміри;
- високі вимоги до якості очищення продукту;
- складна конструкція;
- необхідність у двоступінчастій обробці.

Іншим відомим способом гомогенізації є ультразвукова гомогенізація. Вона заснована на кавітації рідини, що викликається у машин з електромеханічним збудником, за допомогою віброелемента 1 (рис. 10.18). Цим елементом звичайно є лопать, встановлена у резонансному блоці 3.

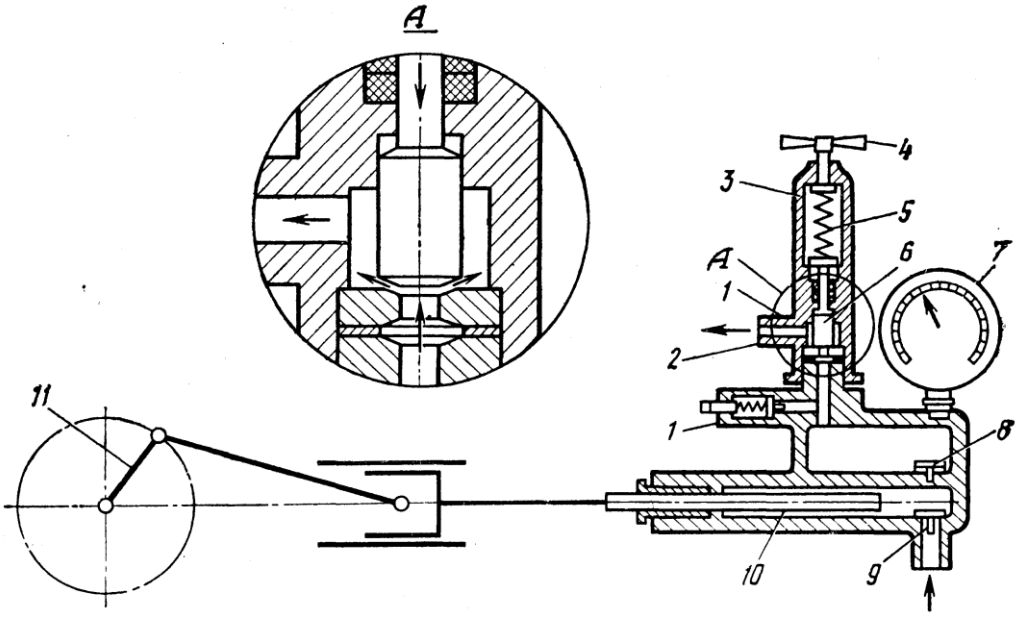


Рисунок 10.17. – Схема гомогенізатора клапанного типу
1-запобіжний клапан; 2- вихідний патрубок; 3- корпус; 4- гвинт; 5- пружина;
6- клапан гомогенізуючої головки; 7- манометр; 8- нагнітальний клапан;
9- всмоктуючий клапан; 10- плунжер; 11- привідний механізм

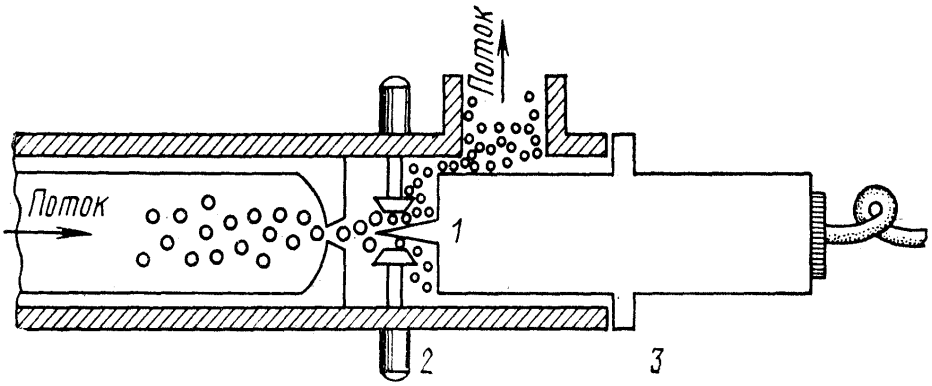


Рисунок 10.18 – Схема процесу ультразвукової гомогенізації
1- віброелемент; 2- контрольно-регулюючий пристрій; 3- резонансний блок

Переваги ультразвукової гомогенізації:
- легкість регулювання ступеню гомогенізації;
- можливість створити машини практично з будь–якою продуктивністю;
- невибагливість до забруднення оброблюваного продукту;
- поєднання гомогенізації з бактеріальним очищенням.

Недоліки ультразвукової гомогенізації:
- недостатня вивченість ультразвукової гомогенізації;
- невелика ступінь гомогенізації, мінімальний діаметр жирових кульок не перевищує 1,48 мкм;
- складна конструкція машин з електромеханічним збудником;
- висока чутливість до пульсації насосу.

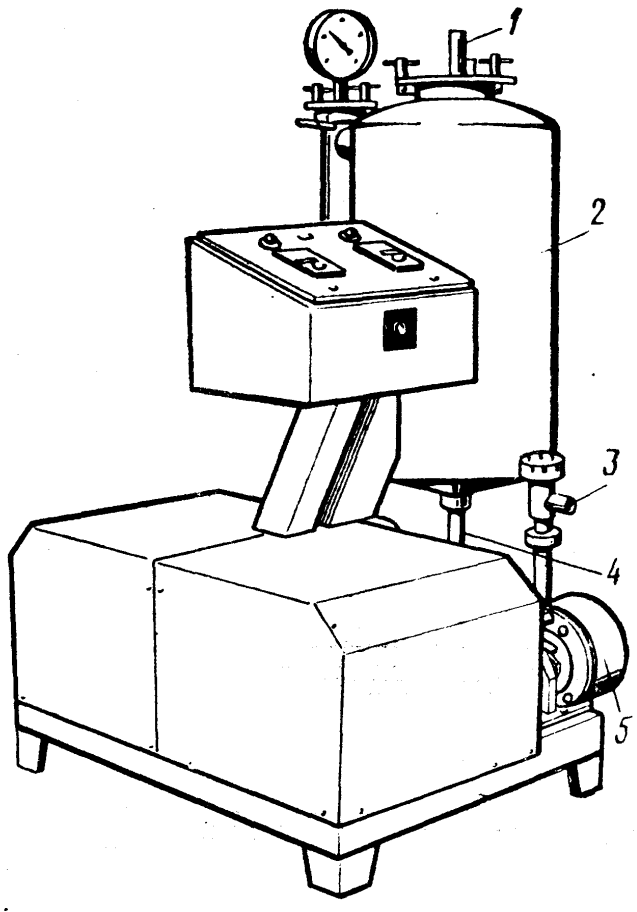
Вакуумний гомогенізатор працює з використанням метода вводу енергії в потік рідини на основі процесів адіабатного скипання перегрітої рідини. Метод емульгування заключається в наступному: попередньо нагрітий продукт з температурою 75 – 95 ^{0}С подається в вакуумну камеру, де підтримується тиск 0,01 – 0,02 МПа. Потрапивши в вакуумну камеру продукт перегрівається, в результаті чого виникає вибухоподібне скипання, яке призводить до руйнування жирових кульок.

Основним елементом апарата (рисунок 10.19) є вакуумна камера 2, яка представляє собою полий резервуар діаметром 300 мм та висотою 800 мм. Ввід продукту здійснюється через трубопровід 1, який закінчується сопловим пристроєм. Вихід отриманого продукту здійснюється через патрубок 3 у нижньому днищі. Пари та повітря всмоктуються через бічний патрубок 4 водокільцевим вакуумним насосом. Продуктивність – 1 т/год.

У двохкамерному вакуумному гомогенізаторі необхідна температура знижена до 60 – 80 ^{0}С. Такий пристрій представляє собою дві вакуумні камери, в першій підтримується тиск $0{,}15\cdot10^5$ – $0{,}3\cdot10^5$ Па, в другій – $0{,}03\cdot10^5$ – $0{,}15\cdot10^5$ Па. Молоко підігріте до 60 – 80 ^{0}С розпилюється послідовно в першій та другій вакуумних камерах.

Переваги вакуумних гомогенізаторів:

- зниження кислотності та збільшення термостійкості молока;
- дезаерація та дезодорація продукту;
- часткове знищення шкідливої мікрофлори молока;
- можливість створити машини з широким діапазоном продуктивностей;
- невеликі питомі витрати енергії;
- можливість поєднання з пастеризатором (стерилізатором).



Недоліки вакуумних гомогенізаторів:

- невисока ступінь перемішування продукту;
- мінімальна ступінь гомогенізації, діаметр жирових кульок не перевищує 2,3 – 2,4 мкм;
- великі габаритні розміри машини;
- необхідність у підігріванні продукту до 60 – 95 ^{0}С, що викликає незворотні наслідки в структурі продукту та вимагає додаткових енерговитрат.

Роторні гомогенізатори застосовуються для зміни консистенції таких молочних продуктів як плавлені сири і вершкове масло. В обробленому з їх

допомогою продукті, водна фаза диспергується, внаслідок чого продукт краще зберігається.

Рисунок 10.19 – Вакуумний однокамерний гомогенізатор.
1- патрубок з сопловим пристроєм для вводу продукту; 2- вакуумна камера;
3- патрубок для вводу емульсії; 4- патрубок для відводу парів та повітря;
5- водокільцевий вакуумний насос

Принцип роботи роторного гомогенізатора полягає у наступному: продукт подається в бункер, звідки за допомогою двох шнеків, що обертаються в протилежних напрямках, продавлюється через ротор і з насадки з діафрагмою виходить у бункер фасовочного апарату. Для запобігання налипання продукту на робочі органи машини, останні змащуються перед початком роботи спеціальним гарячим розчином.

Переваги роторних гомогенізаторів:

- простота конструкції;
- широкий діапазон продуктивностей;
- широка промислова засвоєність;
- невеликі розміри та металомісткість.

Недоліки роторних гомогенізаторів:

- застосовуються тільки для продуктів з високою густиною;
- диспергується лише водяна фаза, ступінь подрібнення жирових кульок мінімальний;
- необхідність у періодичному змащенні робочих органів.

Відцентровий гомогенізатор (рис. 10.20) представляє собою два диски, один з яких 2 – нерухомий, а інший 8 – обертовий, з’єднаний з валом двигуна 9. Рухомий диск має кільцеобразні виступи з отворами 4, 5, 6. Ці виступи входять у пази на нерухомому диску.

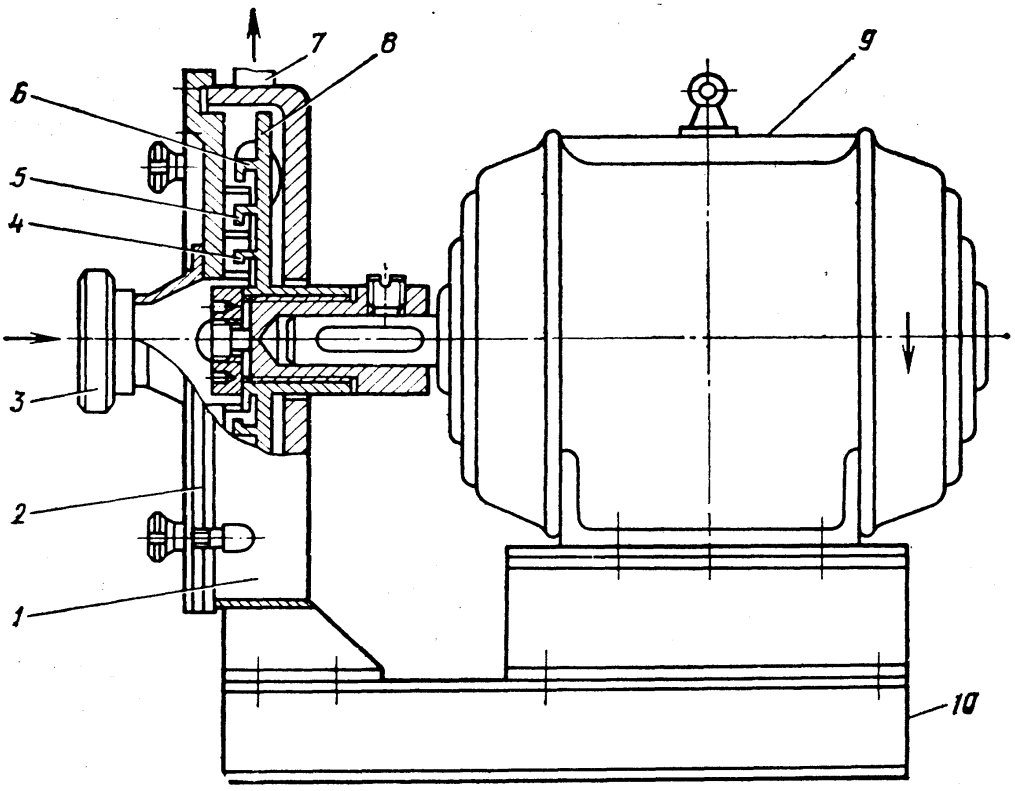


Рисунок 10.20 – Відцентровий гомогенізатор.
1-корпус; 2- кришка; 3- патрубок для виходу емульсії; 4–6- кільця з отворами; 7- патрубок для виходу емульсії; 8- обертовий диск; 9- електродвигун; 10- станина

Продукт подається у вхідний патрубок 3 та потрапляє на перше внутрішнє кільце з отворами 4, що прикріплене до обертового диску. Крізь наявні на периферії цього кільця отвори суміш потрапляє на друге нерухоме кільце на кришці та переливається на друге обертове кільце 5, а потім на третє 6. При відповідній частоті обертання валу двигуна у міждисковому просторі виникають зони зі зниженим та підвищеним тиском: утворюються бульбашки пари, які періодично захлопуються, що призводить до гідравлічного удару. Це явище відоме як кавітація. Кавітація призводить до руйнування жирових кульок молока та інтенсивного перемішування продукту. Але поряд з цим поверхні, які зазнають гідравлічного удару, швидко руйнуються. Відводиться продукт під дією відцентрових сил через патрубок 7.

Переваги відцентрового гомогенізатора:

- невеликі питомі витрати енергії;
- широкий діапазон продуктивностей;
- невисока маса, габаритні розміри та металомісткість;
- невибагливість до забруднення твердими частками;
- можливість його використання як насоса для перекачування молока.

Недоліки відцентрового гомогенізатора:

- невелика ступінь гомогенізації;
- швидке зношування робочих органів машини, внаслідок чого забруднюється оброблюваний продукт;

- необхідність у зміцненні поверхневого шару робочих органів спеціальною обробкою або використання спеціальних твердих сплавів, що збільшує вартість машини.

На рис. 10.21 представлений зубчастий гомогенізатор. Як і відцентровий гомогенізатор основними його вузлами є нерухомий диск, або корпус 1 та рухомий диск 3, що утворюють гомогенізуючу головку 2. На поверхнях рухомого та нерухомого дисків виконана зубчаста нарізка.

Продукт подається у впускний патрубок та потрапляє у гомогенізуючу головку, де її розвинена зубчаста поверхня при обертанні з великою швидкістю забезпечує перетираючий вплив на продукт.

Переваги зубчастих млинів:

- невеликі питомі витрати енергії;
- широкий діапазон продуктивностей;
- невелика металомісткість та габаритні розміри;

Недоліки зубчастих млинів:

– складність у виготовленні прецизійної зубчастої поверхні, завдяки чому підвищується її вартість;

- потреба у високій точності збирання машини;
- швидке зношення робочих поверхонь та забруднення продукту;
- високі вимоги до відсутності твердих домішок у оброблюваному продукті.

Сутність струменевого метода гомогенізації полягає в тому, що подрібнення жирових кульок здійснюється як у соплі форсунки (емульгуючому каналі) в результаті турбулентних пульсацій та завихрювань. так і при виході з нього, в результаті перепаду швидкостей, які виникають при ударі о пластину (струменева гомогенізація з нерухомим відбивачем) або при швидкому гальмуванні жирової кульки при зіткненні двох потоків емульсії (протитечійно-струменева гомогенізація).

У струменевому гомогенізаторі з нерухомим відбивачем (рис. 10.22) потік молока 2, виходячи з форсунки 1 вдаряється о відбивач – металеву пластинку 3. При цьому відбувається руйнування жирових кульок та частково – перемішування продукту.

Одним з прикладів реалізації цього принципу є гомогенізатор з обертовим ротором і тангенціальними каналами з дроселюючими насадками на кінцях, а також кільцевим відбивачем. Молоко, проходячи по каналах ротора, розпилюється дроселюючими пристроями та з великою швидкістю вдаряється о кільцевий відбивач. При цьому жирові кульки розбиваються. В цій конструкції ротор обертається за рахунок реактивних сил струменів молока, яке під тиском подається в ротор.

Швидкість удару об відбивач цих струменів буде дорівнювати різниці між швидкістю струменя відносно насадки та коловою швидкістю форсунки. Отже енергія, що витрачається на обертання ротора, буде зменшувати коефіцієнт корисної дії машини.

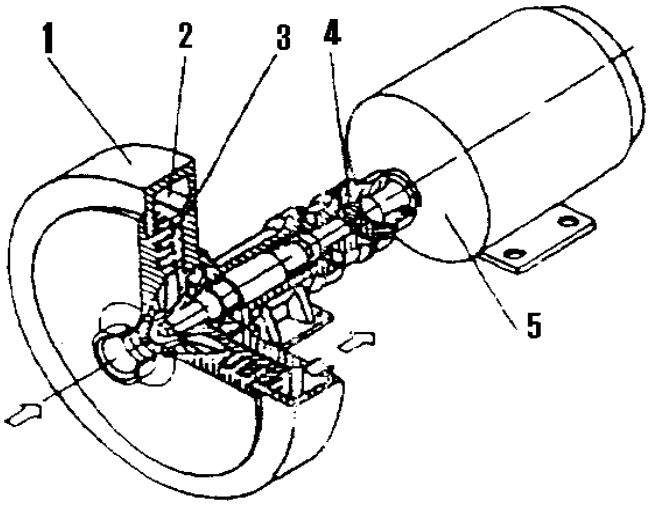


Рисунок 10.21 – Загальний вид зубчастого гомогенізатора.
1-корпус; 2- гомогенізуюча головка 3- ротор; 4- муфта; 5- електродвигун

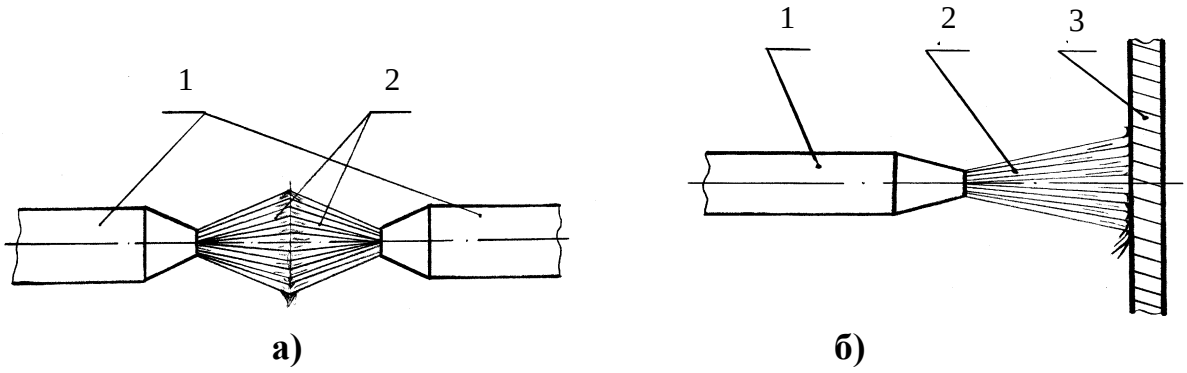


Рисунок 10.22. – Схема струменевої гомогенізації:
а) протитечійно-струменевої, б) з відбивачем: 1-форсунка; 2- струмінь продукту; 3- відбивач

Основним вузлом струменево-вихрового гомогенізатора Я9-ОЖЗ є блок емульгування 5, який має шість отворів діаметром 5 мм (рис. 10.23). В комплект емульсора входить відцентровий насос 1, манометр 3, роздільник 4 та під'єднальний трубопровід 2. Гомогенізація продукту відбувається при зіткненні струменів молока зі стінками та завихрюванні потоків рідини.

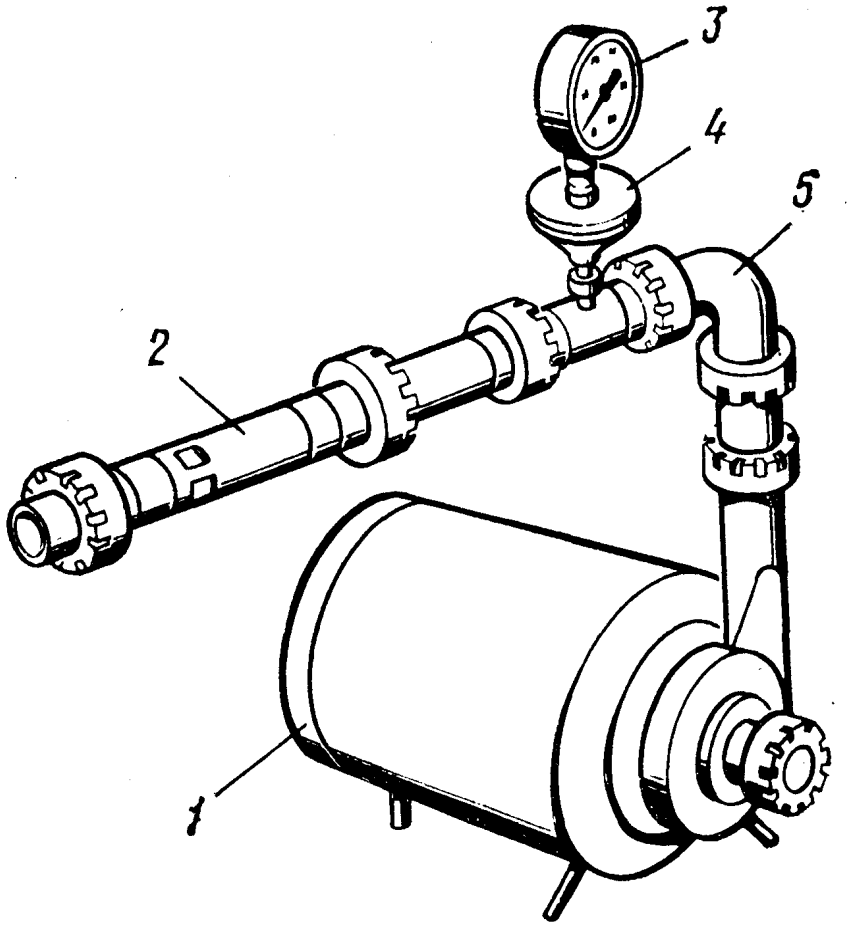


Рисунок 10.23. – Загальний вид струменево-вихрового гомогенізатора
1 - насос; 2 - трубопровід; 3 - манометр; 4 - розділювач; 5 - блок емульгування

Протитечійно-струменева гомогенізація відбувається при зіткненні двох струменів молока 2, які виходять зі співвісно розташованих форсунок 1 (рис. 10.22, а). При зіткненні струменів, що мають однакові показники швидкості та розміри факелів, з'являється досить великий градієнт швидкостей потоку продукту, що обумовлює появу напружень зсуву, які деформують та руйнують жирову кульку. Відносна швидкість струменя, що стикається з протилежним струменем збільшується у 2 рази в порівнянні з струменевою гомогенізацією з відбивачем. В результаті при подібному механізмі руйнування при протитечійно-струменевій гомогенізації зменшуються витрати енергії. Крім того, відбувається більш якісне перемішування продукту. Ще одна перевага протитечійно-струменевої гомогенізації полягає у тому, що її легко поєднати з миттєвою стерилізацією та пастеризацією. При цьому до форсунок підводиться пара, або форсунки нагріваються за допомогою ніхромової спіралі, яка розжарюється електричним струмом. Підвищення температури продукту перед гомогенізацією значно полегшить та зробить більш ефективним сам процес гомогенізації в результаті зменшення в'язкості та поверхневого натягу молока.

У останні роки в іноземних виданнях з'явилися публікації про вплив високого тиску на харчові продукти. При цьому знешкоджується шкідлива мікрофлора продукту, а також відбуваються позитивні зміни в мікроструктурі молока.

Подібні наслідки можна отримати й під невисоким тиском за допомогою циклічної обробки (чергуванням значення тиску), що також є перспективним напрямком, який можна реалізувати в протитечійно-струменевій гомогенізації.

Переваги протитечійно-струменевої гомогенізації:

- невеликі питомі витрати енергії;
- широкий діапазон продуктивностей;
- можливість створення машин з продуктивністю, яку можливо регулювати в процесі роботи;
- малі габаритні розміри та металоємкість;
- невибагливість до засмічення продукту;
- можливість поєднання гомогенізації та миттєвої стерилізації продукту в одній машині;
- досить висока ступінь гомогенізації;
- простота та надійність конструкції.

Недоліки струменевої гомогенізації:

- недостатня дослідженість процесу протитечійно-струменевої гомогенізації;
- промислова незасвоєність (особливо протитечійно-струменевих гомогенізаторів).

Вихровий гомогенізатор складається з двох співвісно розташованих циліндричних камер різних діаметрів. Продукт вводиться тангенціально в камеру з більшим діаметром, закручується та виходить з камери меншого діаметра. Швидкість обертання рідини при переході з більшого циліндра у менший зростає у згоді з законом зберігання моменту кількості руху. В центральній частині камери при кільцевому русі рідини виникає розрідження, куди спрямовується навколишній продукт. Потім знов утворюється розрідження при витіканні і т.д. В такому гомогенізаторі подрібнення жирових кульок головним чином відбувається за рахунок турбулізації рідини.

Переваги вихрового гомогенізатора:

- невеликі питомі витрати енергії;
- широкий діапазон продуктивностей;
- нечутливість до засмічення продукту;
- надійність конструкції;
- висока ступінь перемішування продукту.

Недоліки вихрового гомогенізатора:

- невелика ступінь гомогенізації;
- недостатня вивченість процесу.

Комбінування двох способів гомогенізації у одній машині (або послідовна обробка продукту у двох різних гомогенізаторах) доцільна для виправлення недоліків основного способу гомогенізації (або недоліків першої машини). Так на підприємствах, де застосовуються щілинні гомогенізатори, замість двоступінчастої обробки в цих машинах вигідно на другій стадії обробки, яка необхідна для перешкоджання злипанню часток жиру, використати дешевий відцентровий гомогенізатор. Завдяки цьому питомі витрати енергії значно зменшаться. Або поєднати конструкцію струменевої гомогенізації з відбивачем, у якій недоста-

тня ступінь перемішування продукту, але досить висока ступінь гомогенізації з вихровою, яка навпаки має невелику ступінь гомогенізації, але добре перемішує продукт. Гідродинамічний вібратор можна використовувати для попередньої або кінцевої обробки суміші, поєднуючи його майже з будь-яким іншим гомогенізатором з метою збільшення ступеня подрібнення та перемішування, з одночасним зменшенням бактеріального забруднення.

Серед недоліків, властивих комбінованим машинам, одним з головних є збільшення їх вартості. Досить великі труднощі представляє собою процес поєднання їх у одну поточно-технологічну лінію, тому що залежність основних параметрів (тиску та продуктивності) для різних видів гомогенізаторів описується різними формулами. Крім того, для більшості з описаних вище способів гомогенізацій спектр продуктивностей промислово освоєних машин недостатньо широкий. З цієї причини виключно важко створити комбіновані гомогенізатори з регулюванням продуктивності. Зважаючи на це, ефективніше все-таки розвивати один з попередньо перелічених способів для створення нової високоефективної машини.

В результаті аналізу існуючих способів гомогенізацій можливо виділити найбільш перспективні з них. Такими є вакуумні, ультразвукові, відцентрові та струменеві (рис. 10.24). Основним напрямком подальшого їх вдосконалення повинно бути ретельне дослідження для створення ефективних гомогенізаторів, що будуть відповідати усім сучасним вимогам.

3. Обладнання для теплової обробки молока

3.1 Класифікація обладнання

Теплова обробка молока, що застосовується в молочній промисловості, має різне призначення.

Охолодження молока і молочних продуктів сповільнює життєдіяльність мікроорганізмів, що викликають їхнє скисання і псування, а отже збільшує термін зберігання молочної продукції у свіжому виді.

Нагрівання молока входить у технологічний процес виготовлення багатьох молочних продуктів і служить його інтенсифікації.

Пастеризація молока і молочних продуктів служить для придушення життєдіяльності мікроорганізмів, що знаходяться у вегетативній формі.

Знищення не тільки вегетативних, але і спорових форм мікроорганізмів забезпечується стерилізацією молока і молочних продуктів, що дозволяє значно збільшити термін їхнього зберігання.

Для видалення з рідких молочних продуктів сторонніх запахів і прикусів застосовується вакуум-термічна обробка.

Теплова обробка молока може здійснюватися між гарячими і холодними середовищами, розділеними перегородками, а також шляхом безпосереднього впливу пари або інфрачервоних променів на продукт.

У деяких випадках пастеризація молока здійснюється не за рахунок його нагрівання до необхідної температури, а за допомогою обробки ультрафіолетовими променями на спеціальних установках.

Застосовуване в молочній промисловості обладнання для теплової обробки молока являє собою або окремі апарати, або входить до складу комбінованих очищувально-охолоджувальних, пастеризаційно-охолоджувальних або стерилізаційних установок.

Звичайне обладнання даної групи класифікується за наступними основними ознаками:

1) за характером зіткнення продукту і навколишнього повітря — відкриті і закриті;

2) за формою робочих органів – плоскі і круглі;

3) за профілем поверхні робочих органів – трубчасті і пластинчасті;

4) за конструкцією – однорядні і багаторядні (пакетні);

5) за числом секцій – односекційні і багато секційні;

6) за напрямком руху охолодної рідини стосовно охолоджуваного продукту – прямоточні і протиточні.

Серед апаратів для охолодження молока найбільшого поширення одержали охолоджувачі відкритого (зрошувальні і резервуарні) і закритого (трубчасті і пластинчасті) типів.

Для нагрівання молока застосовуються підігрівники резервуарного, трубчатого і пластинчастого типів.

Як резервуарні підігрівники звичайно використовуються резервуари спеціального призначення і ванни тривалої пастеризації.

Трубчасті і пластинчасті підігрівники несуттєво відрізняються від охолоджувачів подібних типів. У цих апаратах замість охолодної рідини подається пара або рідше — гаряча вода.

Обладнання для пастеризації і стерилізації молока в залежності від характеру виконання операції поділяється на апарати безперервної і періодичної дій. Джерело використання енергії для виконання цих технологічних процесів є підставою для розподілу апаратів на парові, електричні і комбіновані.

Найбільше поширення серед обладнання цієї групи отримали пластинчасті і трубчасті установки безперервної дії, а також ванни тривалої пастеризації молока, що відносяться до обладнання періодичної дії.

Теплова обробка консервованих молочних продуктів здійснюється в автоклавах і стерилізаторах різного типу.

3.2 **Апарати для охолодження та нагріву молока**

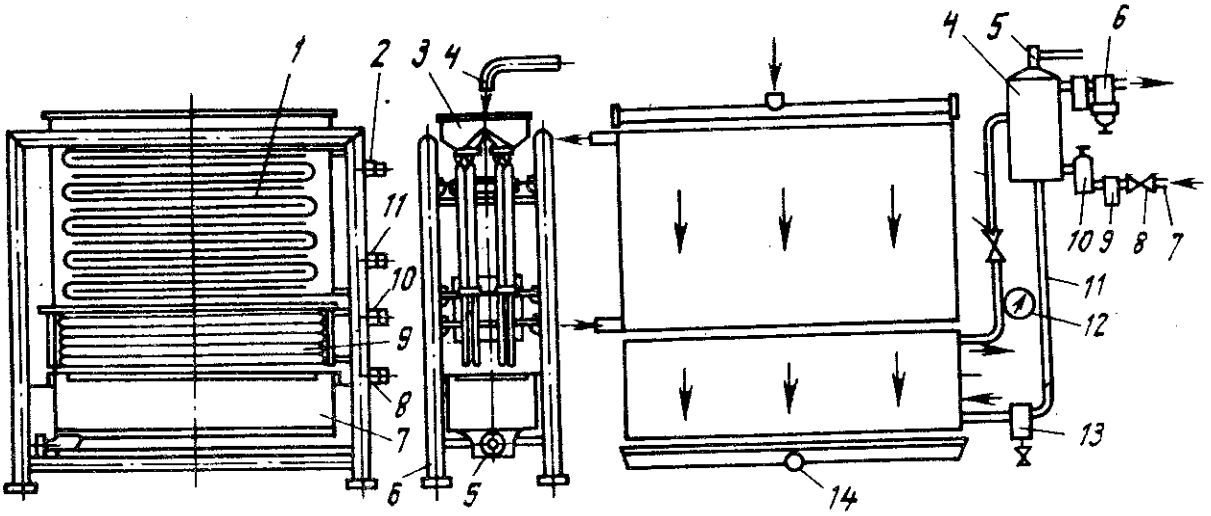
При охолодженні молока і продуктів його переробки застосовують охолоджувачі відкритого і закритого типів (рис. 10.25).

Відкриті охолоджувачі застосовуються переважно для охолодження невеликої кількості молока і поділяються на зрошувальні і резервуарні.

Відкритий зрошувальний охолоджувач являє собою вертикальну стінку, що складається з горизонтальних труб, розміщених одна над іншою. Усередині труб циркулює вода або розсіл. Охолоджуване молоко стікає на поверхню труб з розподільного жолоба (рис. 10.26, а) і збирається в збірнику.

З метою зменшення габаритних розмірів охолоджувальних установок їх виготовляють у виді рівнобіжних секцій. У цьому випадку жолоб розподіляє молоко на кожну секцію.

У деяких зрошувальних охолоджувачах як холодоносій, застосовується аміак або фреон. При такому охолодженні в секцію знизу вводять рідкий холодоагент (рис. 10.26, б). Із секції аміак у газоподібному виді відсмоктується компресором. Охолоджувальні секції в цьому випадку виготовляють з нержавіючої сталі.



а б

Рис. 10.26. Відкритий (зрошувальний) охолоджувач:

а - пристрій охолоджувача: I - секція охолодження холодною водою; 2 - патрубок для виходу холодної води; 3 - розподільний жолоб; 4 - патрубок для подачі продукту; 5 - патрубок для виходу охолодженого продукту, 6 - рама; 7 - збірник; 8 - патрубок для анода розсолу; 9 - секція охолодження розсолом; 10 - патрубок для виходу розсолу; 11- патрубок для входу холодної коди; б - система аміачного охолодження: I - секція охолодження аміаком; 2,8 - запірні вентилі; 3 - трубопровід для газоподібного аміаку; 4 - акумулятор; 5 - запобіжний клапан; 6 - бародроселюючий клапан; 7 - патрубок для входу рідкого аміака; 9 - фільтр;10 - регулювальний клапан; 11- трубопровід для рідкого аміаку; 12 - мановакуумметр; 13 – масловідділювач; 14 - патрубок для виходу охолодженого продукту

Закриті охолоджувачі бувають двох типів: трубчасті і пластинчасті.

Охолоджувач трубчастого типу (рис.10.27,а) складається з подвійних труб, вставлених одна в іншу і поміщених у загальний теплоізольований кожух. Охолоджуване молоко рухається по центральній трубі, а холодоносій — протитоком по кільцевому зазорі.

Охолоджувачі трубчастого типу можуть мати дві секції: охолодження холодною водою й охолодження розсолом.

Охолоджувач пластинчастого типу (рис. 10.27,6) являє собою теплообмінний апарат, робоча поверхня якого виконана з окремих паралельно зімкнутих пластин. Він складається з головної стійки з верхніми і нижніми горизонтальними штангами, натискної плити і гайки. На верхній штанзі підвішуються теплообмінні робочі пластини з рифленою поверхнею. Між ними, завдяки гумовим прокладкам, утворюються канали, по яких протікають охолоджуваний продукт і холодоносій. Усі пластини стискуються натискною плитою і натискними гайками.

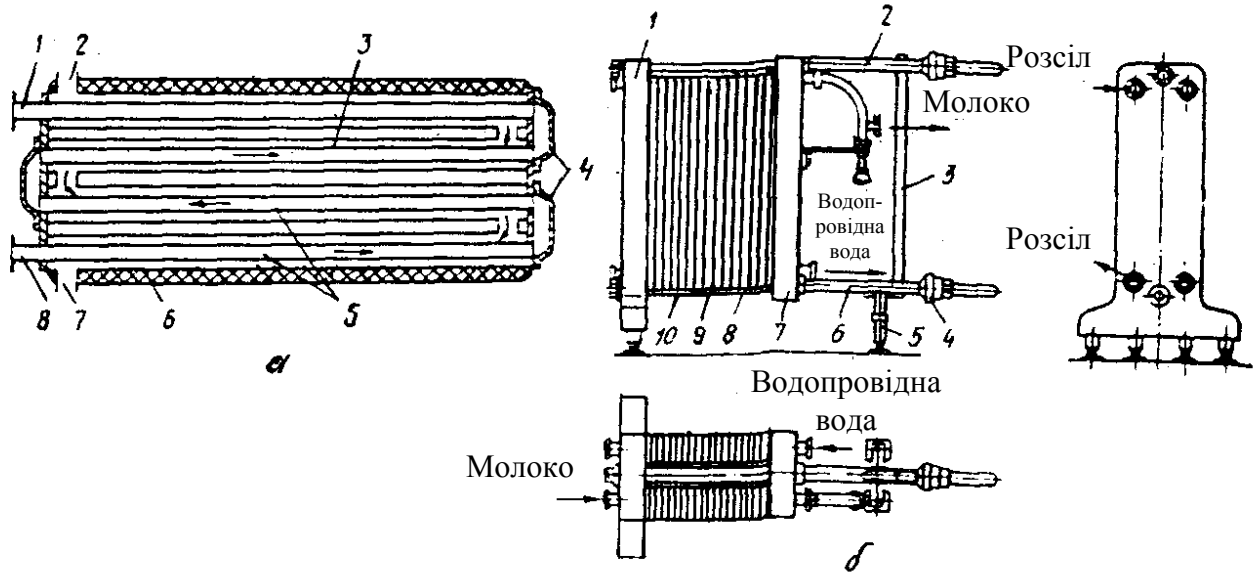


Рис. 10.27 – Закриті охолоджувачі:

а - схема охолоджувача трубчастого типу: 1 - патрубок для виходу охолоджуваного продукту; 2, 7 - патрубки для входу і виходу холодоносія; 3 - зовнішні трубки; 4 - каламі • 5 - внутрішні трубки; 6 - кільцевий канал; 8 - патрубок для входу охолоджуваного продукту; 6 - охолоджувач пластинчастого типу: 1 - головна стійка; 2, 6- штанги; 3 - розпірка; 4 - натискна гайка; 5 - ніжки; 7 - натискна плита; 8 - секція водяного охолодження; 9 - розділова пластина; 10 - секція ропного охолодження

Нагрівання молока в процесі готування деяких молочних продуктів здійснюється за допомогою ємнісних теплообмінних апаратів різного призначення (резервуари для дозрівання вершків і виробництва кисломолочних напоїв, ванни тривалої пастеризації молока і т.д.).

Пластинчасті установки для нагрівання молока несуттєво відрізняються від охолоджувачів молока подібного типу. У цих апаратах замість холодної рідини використовується гаряча вода або рідше — пар. У зв'язку з тим, що різниця початкової і кінцевої температур оброблюваного продукту порівняно невелика (25-45°З), загальна поверхня теплопередачі пластинчастих нагрівачів молока звичайно в 1,5-2 рази менше, ніж у пастеризаційних установок з такою ж продуктивністю. Досягається це в основному зменшенням числа пластин в апараті.

Трубчастий підігрівник молока виконаний на базі уніфікованого теплообмінного циліндра, застосовуваного в пастеризаційних установках аналогічного типу. Він складається з одноциліндрового теплообмінного апарата, вузла відводу конденсату, парового вентиля, насоса для подачі молока і вимірювальних приладів. У процесі нагрівання молоко насосом подається в циліндр і послідовно проходить по 24 трубкам довжиною 1,2 м кожна з внутрішнім діаметром 27 мм.

Нагрівання молока здійснюється парою, що подається у міжтрубний простір циліндра.

3.3 **Пастеризатори молока та молочних продуктів**

Для пастеризації молока і молочних продуктів призначені пастеризаційні установки резервуарного і трубчастого типів, а також пастеризаційно-охолоджувальні установки пластинчастого типу.

До обладнання для пастеризації молока резервуарного типу відносяться ванни тривалої пастеризації й універсальні ванни. Пастеризаційна установка трубчастого типу складається з двох відцентрових насосів (рис. 10.28), трубчастого апарата, поворотного клапана, конденсатовідводчиків і пульта керування з приладами контролю і регулювання технологічного процесу.

Основним елементом установки є двоциліндровий теплообмінний апарат, що складається з верхнього і нижнього циліндрів, з'єднаних між собою трубопроводами. У торці циліндрів уварені трубні ґрати, у яких розвальцьоване по 24 труби 0 30 мм. Трубні ґрати з нержавіючої сталі мають вифрезеровані короткі канали, що з'єднують послідовно кінці труб, і утворюють в такий спосіб безперервний змійовик загальною довжиною близько 30 м. Торці циліндрів закриваються кришками з гумовими ущільненнями, щоб забезпечити герметичність апарата й ізолювати короткі канали один від одного.

Пара подається в міжтрубний простір кожного циліндра. Пара, що відробила, у вигляді конденсату виводиться за допомогою термодинамічних конденсатовідводчиків.

Оброблюваний продукт із накопичувальної ємності за допомогою першого відцентрового насоса подається в нижній циліндр теплообмінного апарата, де нагрівається парою до температури 50-60°С и переходить у верхній циліндр. Тут він пастеризується при температурі 80-90°С.

Другий насос призначений для подачі молока з першого циліндра в другий. Слід зазначити, що в трубчастих пастеризаційних установках швидкість руху різних продуктів неоднакова. В установці для пастеризації вершків швидкість їхнього переміщення в трубах теплообмінного апарата 1,2 м/с. У процесі теплообміну вершки надходять у циліндри пастеризатора за допомогою одного відцентрового насоса.

Швидкість переміщення молока за рахунок застосування двох насосів більша і складає 2,4 м/с.

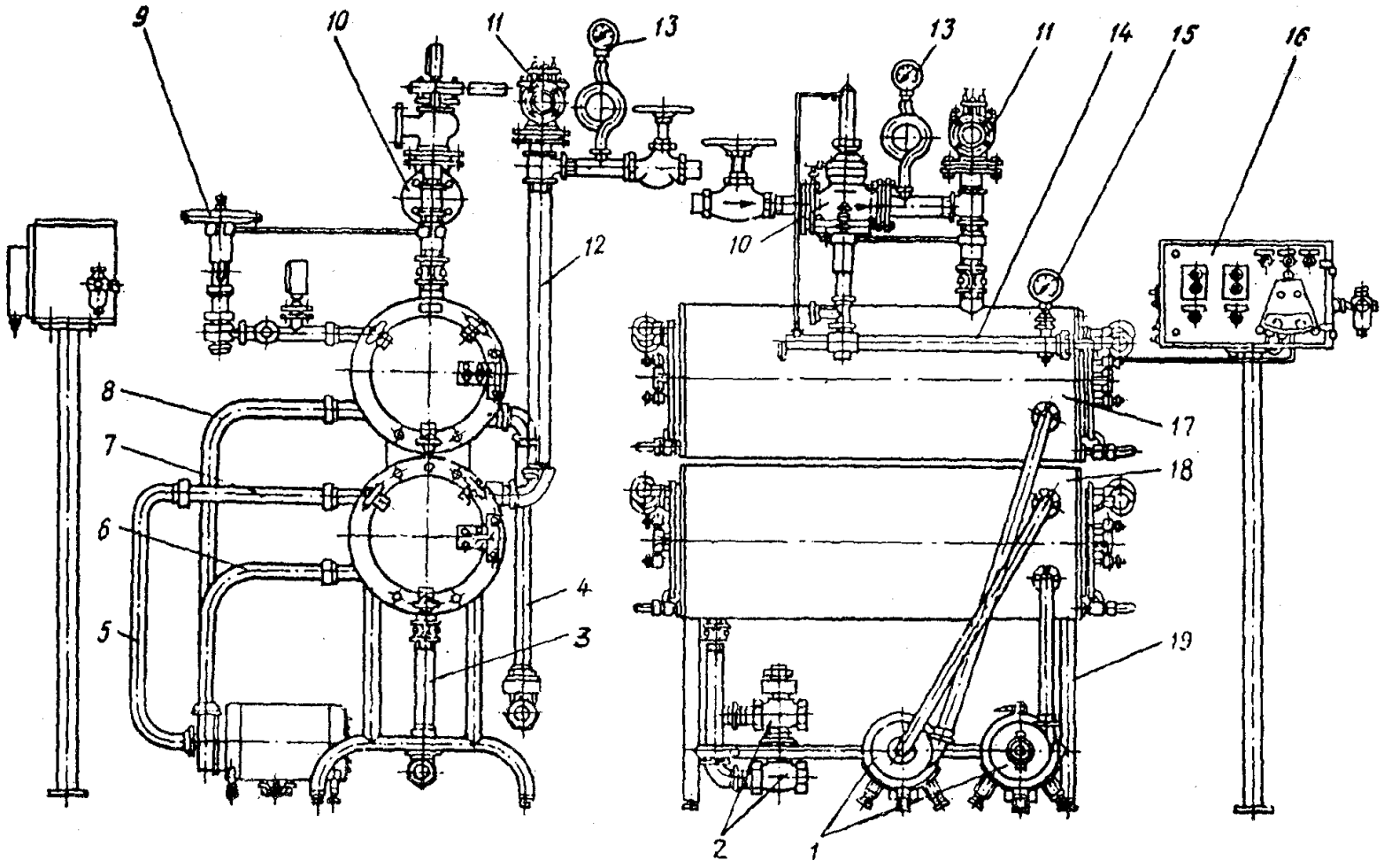


Рис. 10.28 – Пастеризаційна установка трубчастого пиши:

І - відцентрові насоси для молока; 2 - конденсатовідводчик; 3, 4 - патрубки для відводу конденсату; 5, 6, 7, 8 - молокопроводи; 9 – обертовий клапан; 10 - регулювальний клапан подачі пари; 11- запобіжні клапани; 12 - паропровід; 13 - манометри для пари; 14 - патрубок для виходу пастеризованого молока; 15 - манометр для молока; 16 - пульт керування; 17 - верхній барабан; 18 - нижній барабан; 19- рама

Перевагою трубчастих пастеризаційних установок у порівнянні з пластинчастими є значно менша кількість і розміри ущільнювальних прокладок, а недоліком — великі габарити і висока металоємність. Крім того, при чищенні і мийці цих установок потрібний вільний простір з боку торців циліндрів теплообмінного апарата.

Трубчасті установки ефективні в тому випадку, якщо наступний процес обробки молока проводиться при температурі, що мало відрізняється від температури пастеризації.

Пастеризаційно-охолоджувальні установки застосовуються для теплової обробці молока, вершків і суміші морозива. Конструкція кожної з таких установок має свої особливості, що наведені при описі обладнання для виробництва різних молочних продуктів.

До складу пастеризаційно-охолоджувальної установки, що застосовується при виробництві питного молока (рис.10.29*),* входять зрівняльний бак, відцентровий насос для молока, пластинчастий апарат, сепаратор-молокочисник, витримувач, поворотний клапан, відцентровий насос для гарячої води, пароконтактний нагрівач і шафа керування.

У пастеризаційній установці УОМ-ИК-1 (рис. 10.30), крім секцій інфрачервоного електронагріву маються витримувач і пластинчастий теплообмінний апарат.

Секція інфрачервоного нагрівання складається з трубок кварцового скла U-образної форми з відбивачами з анодируваного алюмінію. У секції 16 трубок (10 - основні, 4 - регулюючі режим нагрівання і 2 - додаткові), на які навита спіраль з ніхрому. Трубки включені в мережу паралельно.

Витримувач складається з двох труб з нержавіючої сталі, з'єднаних послідовно.

У пластинчастому теплообміннику маються секція регенерації і дві секції охолодження.

Технологічний процес установки протікає так: молоко надходить у зрівняльний бак і з нього насосом послідовно подається в секції регенерації, інфрачервоного нагрівання і витримувача. Після витримувача пастеризоване молоко проходить секцію регенерації, віддаючи тепло холодному молоку, і послідовно проходить секції охолодження водою і розсолом.

Пластинчасті пастеризаційно-охолоджувальні установки в порівнянні з іншими типами теплових апаратів мають ряд переваг:

малий робочий обсяг апарата, що дозволяє приладам автоматики більш точно відслідковувати хід технологічного процесу (у пластинчастого теплообмінника робочий обсяг для продукту і теплоносія в три рази менше, ніж у трубчастого такої ж продуктивності);

здатність працювати досить ефективна при мінімальному тепловому напорі;

мінімальні теплопритоки і втрати тепла і холоду (теплова ізоляція звичайно не потрібна);

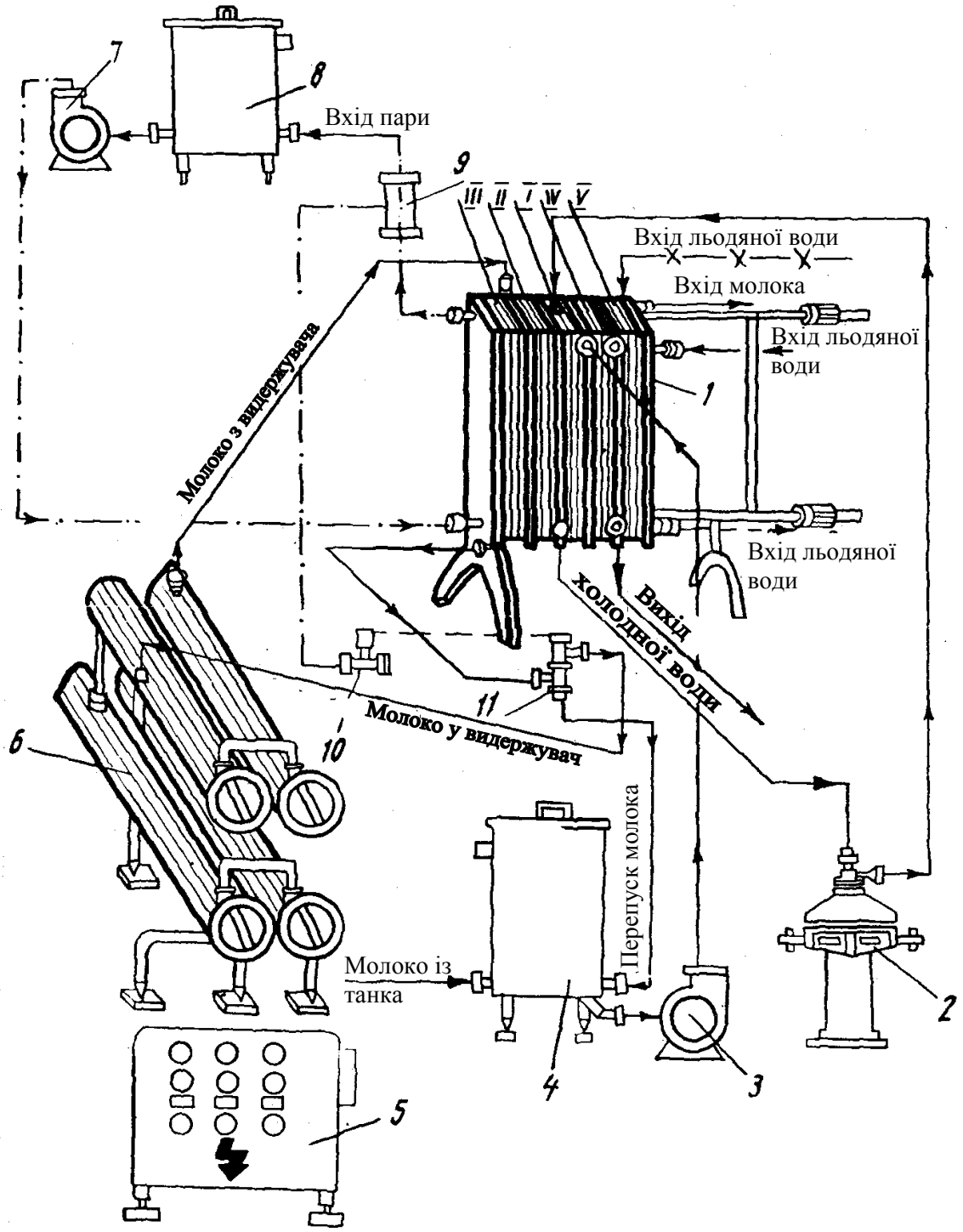


Рисунок 10.29. Схема пластинчатої пастеризаційно-охолоджувальної установки типа ОПФ:

1 – пластинчатий апарат; 2 – сепаратор-молокоочисник; 3 – молочний насос; 4 – урівнюючий бак; 5 – пульт управління; 6 – витримувач; 7 – водяний насос; 8 – конвекційний бак; 9 – інжектор; 10 – клапан, що регулює подачу пари; 11 – перепускний електрогідравлічний клапан.

істотна економія (80-90%) тепла в секціях регенерації (питома витрата пари в пластинчастих апаратах у 2-3 рази нижча, ніж у трубчастих, і в 4-5 разів менша, ніж у резервуарних теплообмінниках);

мала настановна площа (пластинчастий теплообмінник займає приблизно в 4 рази меншу поверхню підлоги, ніж трубчастий аналогічної продуктивності);

можливість змінювати число пластин у кожній секції, що дозволяє адаптувати теплообмінний апарат до конкретного технологічного процесу;

можливість без розбірної циркуляційної мийки апаратури. Основні показники пластинчастих пастеризаційно-охолоджувальних установок приведені в табл. 10.8

3.4 Стерилізатори молочних продуктів

До обладнання для стерилізації молочних продуктів належать установки для стерилізації питного молока й апарати для стерилізації молочних консервів.

Для стерилізації молока застосовуються установки трубчастого і пластинчастого типів, а також різні пристрої для пароконтактного нагрівання продукту.

Стерилізація молочних консервів здійснюється в автоклавах і гідростатичних стерилізаторах.

Установки для стерилізації трубчастого і пластинчастого типів мають багато спільного з обладнанням аналогічного типу, застосовуваного для пастеризації молока. Основні їхні відмінності пов'язані з теплообмінним апаратом, наявністю гомогенізатора і температури застосовуваної пари.

Наприклад, в автоматизованій установці для стерилізації молока А1-ОПЖ пластинчастий апарат складається із семи секцій: трьох секцій регенерації, секцій пастеризації і стерилізації і двох секцій охолодження.

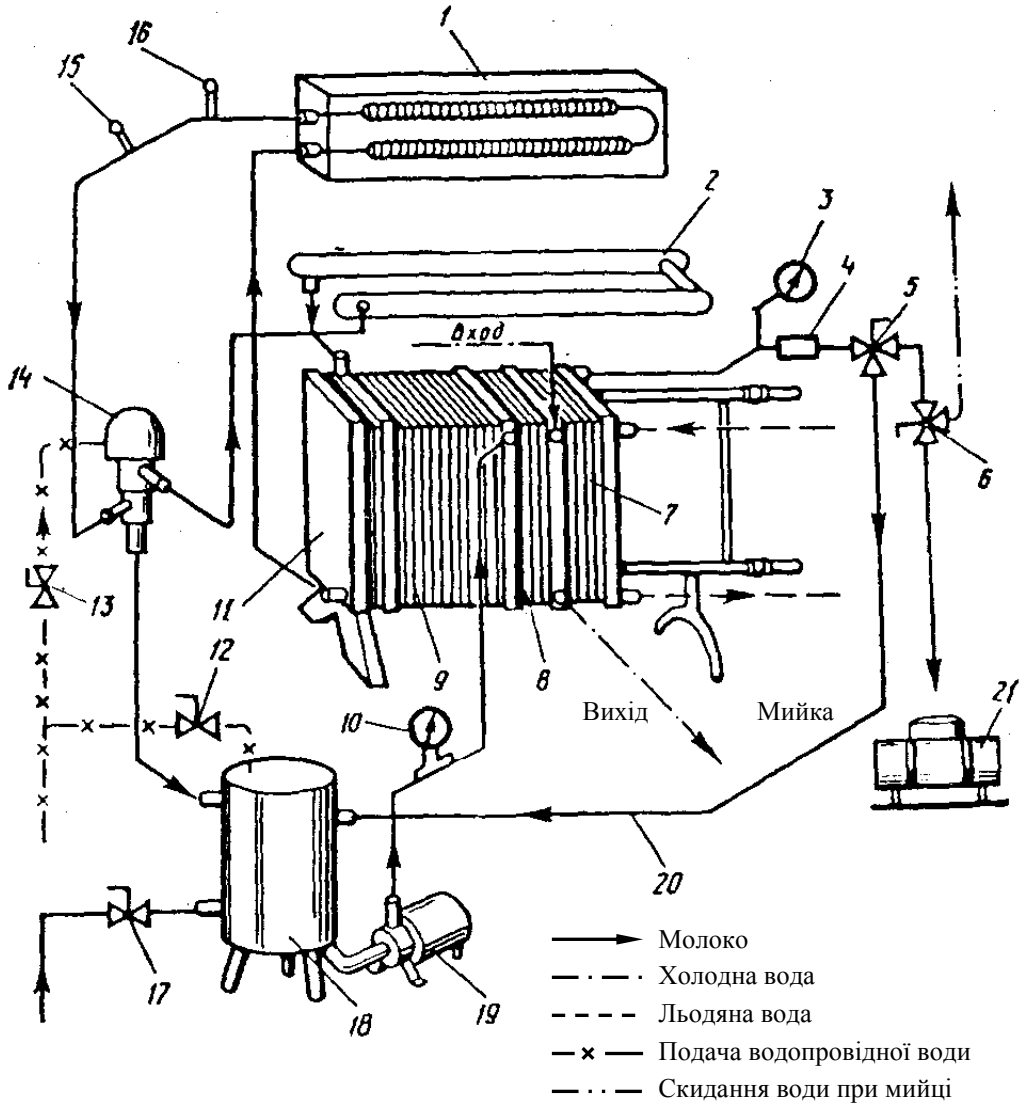


Рис. 10.30. Схема пастеризаційно-охолоджувальної установки УОМ-ИК-1:

І - секція інфрачервоного електронагріву; 2 - видержувач; 3, 15 - термометри; 4 - оглядова ділянка: 5, 6 - триходові крани; 7 - секція охолодження крижаною водою (розсолом); 8 - секція охолодження водою; 9 --секція регенерації; 10 - манометр; II-пластинчастий теплообмінник; 12, 13 - вентилі; 14 - пропускний клапан; 16 - термометр опору; 17 - кран; 18 - зрівняльний бак; 19 - насос; 20 - мийний трубопровід; 21 - резервуар для зберігання молока

До виходу з витримувача технологічний процес цієї установки цілком відповідає роботі пастеризаційно-охолоджувальної установки. У стерилізаційній установці продукт після перебування у витримувачі надходить у двоступінчастий гомогенізатор. Гомогенізатором молоко при температурі 83-85°С проштовхується через третю секцію регенерації і надходить у секцію стерилізації. При вході в секцію стерилізації продукт має температуру 120-123°С, а на виході – 135°С. Досягається це подачею в секцію стерилізації пари, нагрітою до 145°С. Далі простерилізоване молоко послідовно переміщається через три секції регенерації і дві - охолодження.

Застосування трубчастих і пластинчастих теплообмінних апаратів при стерилізації молока виправдане в основному тим, що при непрямому нагріванні продукту значно знижується витрата енергії (в основному за рахунок регенерації тепла). В той же час у таких апаратах тривалість термообробки досить велика, тому що в них неможливо швидко остудити продукт. З іншого боку, молоко і молочні продукти більш чуттєві до тривалості їхньої термообробки, ніж до температурного режиму останньої. Тому в даний час вважається доцільним удосконалювати технологічне обладнання для стерилізації молока, що працює як за принципом непрямого нагрівання, так і в режимі прямої термообробки.

На рис. 10.31 даний один з варіантів пароконтактного нагрівання молока, реалізований у стерилізаційній установці фірми "Альфа-Лаваль" (Швеція).

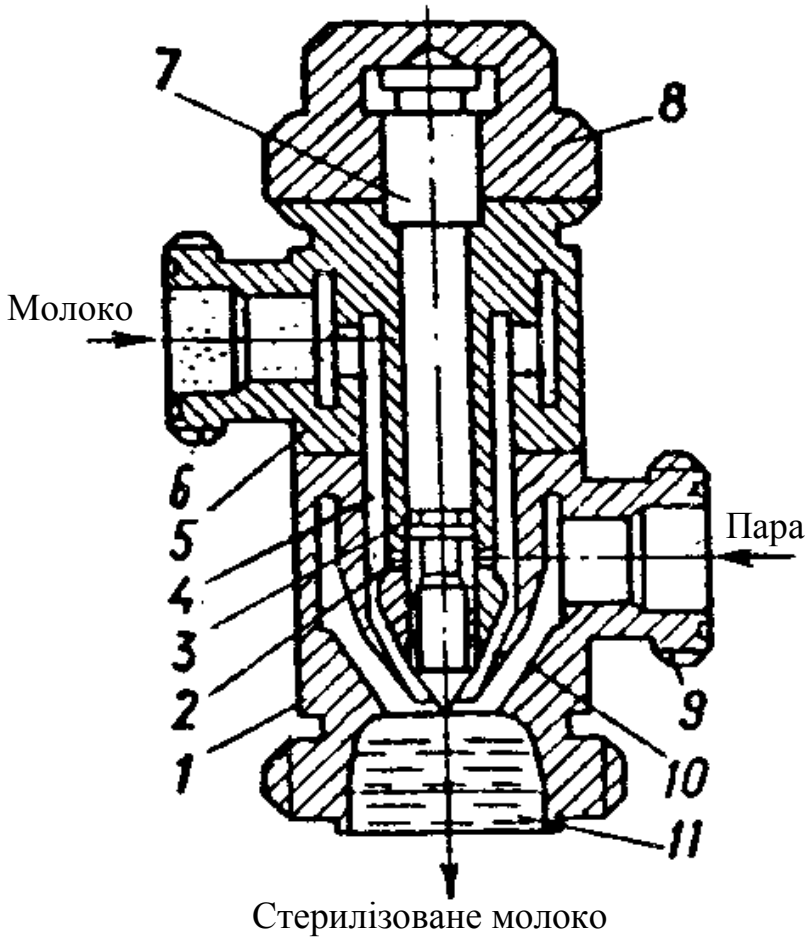


Рис. 10.31. Пароконтактний нагрівач молока

І - нижня частина корпуса; 2 - отвір для молока; 3 - ущільнювальне кільце; 4 - кільцевий канал для молока; 5 - верхня частина корпуса; 6 - патрубок для введення молока; 7 - центральний стрижень; 8 - регулювальна гайка; 9 - патрубок для введення пари; 10- канал для пари; 11- змішувальна камера

Призначений для нагрівання продукт через патрубок подається в кільцевий канал нагрівача і спрямовується в камеру. Сюди ж через патрубок і канал надходить очищена гостра пара. Пара змішується з молоком, конденсується в ньому й у такий спосіб нагріває продукт до 135-140°С.

У більш зробленій конструкції стерилізатора молоко за допомогою спеціального тефлонового диска розділяється на безліч дрібних потоків, що протягом 1,5-2 с. нагріваються парою до 125°С.

Пряме нагрівання продукту в сполученні з непрямим може бути здійснений і в пластинчастому апараті. Для цього в теплообмінних пластинах передбачена визначена кількість отворів 0 0,8-1,2 мм. При подачі, замість теплоносія пари з тиском, що перевищує тиск продукту на 0,05-0,1 МПа, одержують комбіноване нагрівання молока.

Стерилізація консервів як із протитиском, так і без нього, може здійснюватися в спеціальних апаратах-автоклавах періодичної дії, а також в установках безперервної дії — гідростатичних стерилізаторах.

Автоклави можуть бути вертикальні для стерилізації консервів у бляшаній і скляній тарі порою або у воді, і горизонтальні — для стерилізації консервів у бляшаній тарі парою.

У залежності від стану продукту, що стерилізується, розрізняють звичайні і ротаційні автоклави. В останніх продукт у процесі стерилізації безупинно переміщається в обертовому барабані, що значно поліпшує теплообмін, а отже, і ефективність всієї операції.

На відміну від автоклавів гідростатичні стерилізатори мають закінчений цикл теплової обробки продукту, при якому він не тільки нагрівається, але й охолоджується. Продуктивність таких апаратів значно збільшується за рахунок сполучення в них всіх операцій обробки консервів — попереднього нагрівання, стерилізації, попереднього й остаточного охолодження.