

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С. Гулого

Кафедра машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

(код і назва)

Освітньо-професійна програма Інжиніринг фармацевтичних та біотехнологічних виробництв

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Гава О.М.

«___» _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Куцолапського Андрія Анатолійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Обґрунтування режимів теплового оброблення рідких поживних середовищ на основі меляси в лінії продуктивністю 25 м³/год

керівник роботи Чепелюк Олена Олександрівна, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “05”11. 2020 року № 925-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 03. 02. 2021 року

3. Вихідні дані до роботи: продуктивність-25 м³/год, рідке поживне середовище на основі меляси, кінцева температура стерилізованого середовища 28°C

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)Вступ, 1. Аналіз сучасного стану процесів теплової обробки рідких поживних середовищ, 2. Об'єкти і методи дослідження, 3. Результати моделювання, 4. Будова і принцип роботи обладнання, його розрахунки, 5. Конструкційні матеріали, 6. Вимоги до монтажу, експлуатації та ремонту, 7. Заходи з охорони праці, висновки, список літератури, додатки

5. Перелік графічного матеріалу

Машино-апаратурна схема лінії – 1 лист формату А1 ;Загальний вид колони витримування - 1 лист формату А1;Загальний вид парасепаратора - 1 лист формату А1;Загальний вид теплообмінника типу «труба в трубі» - 2 листа формату А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 06.11.2020 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	15.11.20	Виконано
2	Аналіз сучасного стану процесів теплової обробки рідких поживних середовищ	21.11.20	Виконано
3	Об'єкти і методи дослідження	06.12.20	Виконано
4	Результати моделювання	14.12.20	Виконано
5	Будова і принцип роботи обладнання, його розрахунки	19.12.20	Виконано
6	Конструкційні матеріали	25.12.20	Виконано
7	Вимоги до монтажу, експлуатації та ремонту	08.01.21	Виконано
8	Заходи з охорони праці	15.01.21	Виконано
9	Висновки	21.01.21	Виконано
10	Список літератури	26.01.21	Виконано
11	Додатки	28.01.21	Виконано
12	Машино-апаратна схема лінії	29.01.21	Виконано
13	Загальний вид колони витримування	30.01.21	Виконано
14	Загальний вид паросепаратора	31.01.21	Виконано
15	Загальний вид теплообмінника типу «труба в трубі»	01.02.21	Виконано

Здобувач _____ Куцолапський А.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Чепелюк О.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Метою роботи є компоновка лінії неперервної стерилізації поживних середовищ продуктивністю 25 м³/год. Конкретним завданням, виданим на проектування, є дослідження ділянки теплового оброблення приготовленого поживного середовища, а саме процеси його стерилізації та охолодження

Досліджується процес теплообміну під час протікання розчину м'яса через витримувач, паросепаратор та теплообмінник.

Для визначення раціональних режимів теплообміну використано пакет прикладних програм SolidWorks – Flow Simulation та Simulation, що базується на методі кінцевих елементів, та побудовано рівняння регресії, яке характеризує вплив вхідної температури продукту та тиску оточуючого середовища на кінцеву температуру продукту. А також проаналізовано напружено-деформований стан деталей теплообміннику і витримувача. Надані рекомендації щодо вибору конструкційних та режимних параметрів роботи обладнання.

Ключові слова: поживне середовище, м'яса, витримувач, паросепаратор, теплообмінник, тиск, температура.

ANNOTATION

The aim of the work is to build a line of continuous sterilization of nutrient media with a capacity of 25 m³ / h. A specific task assigned to the design is to study the area of heat treatment of the prepared nutrient medium, namely the processes of sterilization and cooling

The process of heat exchange during the flow of molasses solution through the holder, steam separator and heat exchanger is investigated.

To determine the rational modes of heat transfer used a package of applications SolidWorks - Flow Simulation and Simulation, based on the finite element method, and built a regression equation that characterizes the effect of product inlet temperature and ambient pressure on the final product temperature. And also the stress-strain state of details of the heat exchanger and the holder is analyzed. Recommendations on the choice of design and operating parameters of the equipment are provided.

Key words: nutrient medium, molasses, tempering agent, steam separator, heat exchanger, pressure, temperature.

Вступ

Розділ 1. Аналіз сучасного стану процесів теплової обробки рідких поживних середовищ

1.1. Методи теплової стерилізації

1.2. Установа безперервної стерилізації продуктивністю 20 м³/год

1.3. Установа для безперервного розварювання ВНИИПрБ і Мічуринаського спиртозаводу

1.4. Установа для безперервного розварювання УкрНДІЦП і Мироцького спиртзаводу

1.5 Патентні вироби

Розділ 2. Об'єкти і методи дослідження

2.1. Суть і опис процесів та обладнання, які розглядаються

2.2 Методика імітаційного моделювання

2.3. Методика побудови рівняння регресії

Розділ 3. Результати досліджень

3.1. Аналіз параметрів потоків продукту і теплоносія у витримувачі розчину меляси

3.2. Аналіз напружено-деформованого стану елементів витримувача

3.3. Імітаційне моделювання процесу охолодження розчину меляси

3.4. Аналіз напружено-деформованого стану елементів теплообмінника

Розділ 4. Будова і принцип роботи обладнання, його розрахунки

4.1. Опис модернізованої машинно-апаратної схеми

4.2. Будова і принцип роботи обладнання ділянки теплової

обробки поживного середовища

4.3. Розрахункова частина

Розділ 5. Вибір конструкційних матеріалів

Розділ 6. Вимоги до монтажу, експлуатації та ремонту

Розділ 7. Заходи з охорони праці

Висновки

Список використаної літератури

Додатки

ВСТУП

Метою стерилізації є знищення всієї мікрофлори, що перебуває в поживному середовищі, різних рідких добавках, а також на внутрішніх поверхнях устаткування, арматури, що підводять і відводять комунікацій.

Необхідність стерилізації викликана тим, що культури – мікроорганізмів продуцентів у край чутливі до присутності інших мікроорганізмів.

Досягти повної стерильності дуже важко, оскільки для цього треба вбити всі мікроорганізми, а деякі з них, особливо спороносні, витримують вплив високих температур дуже тривалий час. Ефективність стерилізації залежить від дуже багатьох факторів: температури, тривалості процесу, складу стерилізуємого середовища, конструкції апарата, ступеня об'єм'яненності стерилізуємого об'єкта, вимог стерильності на наступних стадіях тощо.

Одним із найбільш поширених методів стерилізації, який використовується в фармацевтичній та біотехнологічній галузях, є безперервна стерилізація.

Безперервна стерилізація має багато переваг в порівнянні із періодичною: швидке досягнення стерильності (близько 1 хвилини), що дозволяє збільшити продуктивність обладнання; можливість підвищення виходу цільових продуктів в зв'язку з тим, що при безперервній стерилізації деструкція поживних речовин середовища мінімальна завдяки короткій експозиції; менша витрата пари в результаті використання прямого інжектування пари.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ РІДКИХ ПОЖИВНИХ СЕРЕДОВИЩ

Біотехнологія – міждисциплінарна область науково-технічного прогресу, яка виникла на стику біологічних, хімічних і технічних знань і орієнтована на створення нових біотехнологічних процесів, які в більшості випадків здійснюватимуться при низьких температурах, вимагають невеликої кількості енергії та базуються переважно на дешевих субстратах, що використовуються як первинна сировина.

Процеси біотехнологічних виробництв різноманітні, але всі вони мають чотири загальних основних стадії, які різняться за програмними цілями і принципами їх досягнення. Загальна біотехнологічна схема виробництва продуктів мікробного синтезу приведена на рис. 1.1.



Рис.1.1. Узагальнена схема біотехнологічного процесу

Основні стадії:

1) Отримання посівного матеріалу. Посівний матеріал – чиста культура мікроорганізмів-продуцентів, розмножена в лабораторних умовах при оптимальному складі поживного середовища і режимі вирощування.

Культури мікроорганізмів-продуцентів заводи отримують з колекцій в пробірках на щільних поживних середовищах або в ампулах. Чисті культури мікроорганізмів можуть постійно або за необхідністю використовуватися у

виробництві. Спочатку культуру розмножують в лабораторії, потім в цеху чистих культур і інокуляції, далі направляють на культивування.

2) Приготування поживного середовища передбачає змішування компонентів і стерилізацію. Основу поживних середовищ для культивування мікроорганізмів становлять джерела вуглецю. Існують мікроорганізми, здатні споживати вуглець тільки із високомолекулярних сполук, наприклад білків і пептидів, в той же час багато бактерій і дріжджі утилізують найпростіші з'єднання, які містять вуглець, – метан, етанол, вуглекислоту. Крім вуглецю, клітини мікроорганізмів потребують джерела азоту, фосфору, макро- і мікроелементів. Ці речовини перебувають у поживних середовищах у вигляді солей, в деяких випадках азот і фосфор можуть засвоюватися з органічних джерел.

3) Ферментація (культивування) – вся сукупність послідовних операцій від внесення в заздалегідь приготовлене і стерилізоване поживне середовище інокулята (посівного матеріалу) до завершення процесів росту і біосинтезу внаслідок вичерпання поживних речовин середовища. Існує два типи ферментації: отримання біомаси мікроорганізмів і отримання цінних речовин, що утворюються в ході зростання або на наступних стадіях розвитку культури.

4) Виділення цільового продукту. Ця стадія суттєво залежить від того, чи накопичується продукт в клітинах, чи він виділяється в культуральну рідину, або ж продуктом є сама клітинна маса. Виділений продукт концентрують ультрафільтрацією, випарюванням або зворотним осмосом. Після стабілізації продукту в залежності від того, яким повинен бути кінцевий продукт: сухим або рідким, його зневоднюють або відразу упаковують і відправляють на зберігання і далі – споживачеві.

Етап *приготування поживного середовища* є одним з найважливіших етапів мікробного біосинтезу

Виділення приготування поживного середовища на сучасному біотехнологічному виробництві – це цех, обладнаний місткостями для

зберігання твердих і рідких речовин, засобами їх транспортування і апаратами з пристроями для приготування розчинів, суспензій або емульсій. Для приготування виробничого поживного середовища попередньо розчиняють цукри і солі, ретельно суспендують такі нерозчинні компоненти, як соєве борошно і крейда. Крохмаловмісну сировину попередньо клейстеризують.

Завершальний етап приготування живильного середовища – стерилізація. Найбільш широкого поширення набула термічна стерилізація. Найважливішою проблемою при цьому є збереження поживних властивостей середовища, так як більшість субстратів, особливо вуглеводи, виявляються термічно нестабільними. Деякі субстрати не вимагають стерилізації, так як самі мають асептичну дію: метанол, етанол, оцтова кислота та ін.

Для мікробіологічних виробництв особливу небезпеку становить мікробна контамінація, тобто присутність в середовищах вегетативних клітин і спор (особливо термостійких). Дещо менше значення може мати вірусна контамінація.

Існуючі методи стерилізації поживних середовищ засновані переважно на використанні високих температур. Недоліками цього способу є великі витрати теплової енергії на стерилізацію і часткове руйнування органічних компонентів поживних середовищ, особливо цукрів, яке відбувається при високих температурах. Були спроби розробити і впровадити в мікробіологічне виробництво альтернативні методи стерилізації, зокрема, хімічну. Найбільш поширеними дезінфектантами, здатними знищувати вегетативні клітини і спори мікроорганізмів, а також віруси, є окислювачі (перекис водню, озон, етиленоксид, пропіленоксид), галогеномісткі з'єднання, альдегіди (формальдегід, глутаровий альдегід), азид натрію, бета-пропіолактон, з'єднання четвертинного амонію тощо. Однак ці речовини та їх сполуки на сьогодні не використовуються для стерилізації поживних середовищ в мікробіологічних виробництвах. Основними причинами цього є висока токсичність цих сполук для людини і тварин, та труднощі, пов'язані з

повною інактивацією біоцидів після стерилізації, а також взаємодією біоцидів з компонентами середовища, внаслідок чого змінюється його склад.

Таким чином, для стерилізації поживних середовищ в магістерській роботі обираємо тепловий спосіб стерилізації.

1.1. Методи теплової стерилізації

На вибір оптимального режиму стерилізації впливають гетерогенність рідкого середовища, її фізико-хімічні властивості, якісний і кількісний склад. Якщо середовище не містить твердих часток і являє собою гомогенний розчин поживних речовин, то тривалість стерилізації за інших рівних умов може бути менше, ніж для середовищ, що містять тверді частки, тому що для їхнього прогрівання потрібно більше часу. Більший час стерилізації потрібно й у випадку, якщо в середовищі є ліпіди й вона має високий вміст сухої речовини. При наявності в складі середовища цукрів, що редукують, особливо глюкози й вільних амінокислот, стерилізацію вуглеводної й амінокислотної фракцій варто вести окремо, щоб уникнути втрати цукрів у результаті меланоїдиноутворення.

Стерилізацію поживних середовищ можна вести двома способами: періодичним і безперервним. Періодичний спосіб використовується при роботі з невеликими обсягами, наприклад у лабораторних ферментаторах і при стерилізації середовища для посівних апаратів. У цьому випадку процес ведуть у кілька етапів: 1) стерилізація ферментатора й всіх комунікацій гострою або глухою парою; 2) затока прогрітого гомогенізованого середовища; 3) нагрівання середовища до температури стерилізації; 4) витримання при цій температурі протягом часу, необхідного для загибелі всіх мікроорганізмів; 5) охолодження стерильного середовища в цій же ємності. Цей спосіб стерилізації досить тривалий, і тому щоб уникнути істотних змін у складі середовища процес ведуть при надлишковому тиску 0,05- 0,1 МПа, при температурі 110- 120°C на протязі 1-1,5 год з моменту досягнення граничної температури. Але цей спосіб малоефективний, тому що

ферментатори використовуються нераціонально, і через тривалість термічної обробки відбуваються розкладення й зміна ряду компонентів середовища. Крім того, при періодичному способі стерилізації високі енергетичні витрати й витрата води.

Характер зміни температури від часу при цих операціях залежить від методу охолодження і нагрівання. Типова температурна крива при циклічному методі показана на рис. 1 (крива 1).

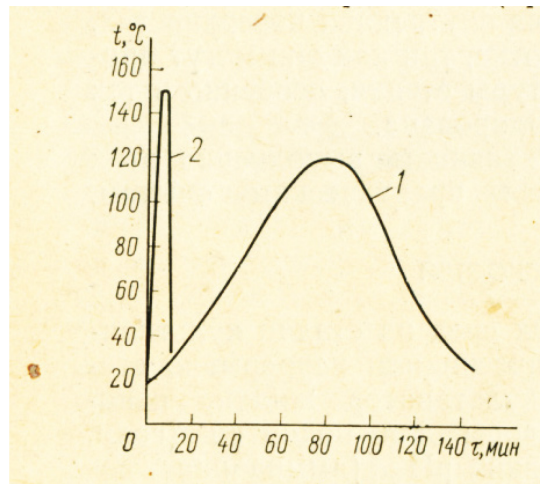


Рис. 1.2. Залежність температури від часу при циклічній (крива 1) і при неперервній (крива 2) тепловій стерилізації

У стерилізаторах безперервної дії зазвичай вдається скоротити періоди нагрівання і охолодження і збільшити температуру стерилізації порівняно з циклічним методом. Характер зміни температури при безперервній стерилізації наведено на рис. 1 (крива 2).

При безперервній стерилізації використовують більш високі температури ($120\text{-}145^\circ\text{C}$) і меншу тривалість витримування (1 -10 хв) при цій температурі. Запропоновано кілька конструкцій безперервних стерилізаторів. Загальним для всіх апаратів цього типу є розчленовування процесу на три етапи й проведення кожного з них у потоці в окремому апараті.

Перший апарат, у якому середовище нагрівається до температури стерилізації, називається стерилізатором, нагрівальною колонкою або колонкою для стерилізації поживного середовища. Другий апарат, де стерилізуему масу витримують при певній температурі стерилізації,

називається витримувачем. Він призначений для продовження часу стерилізації й досягнення максимальної загибелі мікрофлори. Апарат може бути виконаний у вигляді циліндричної ємності, колони з полками або тарілками, що забезпечують найбільш рівномірний прогрів всієї маси середовища, або у вигляді спірального теплообмінника (рис. 3.1 б, в). Третій апарат - це теплообмінник, призначений для охолодження стерильного поживного середовища до температури оптимальної для засівання.

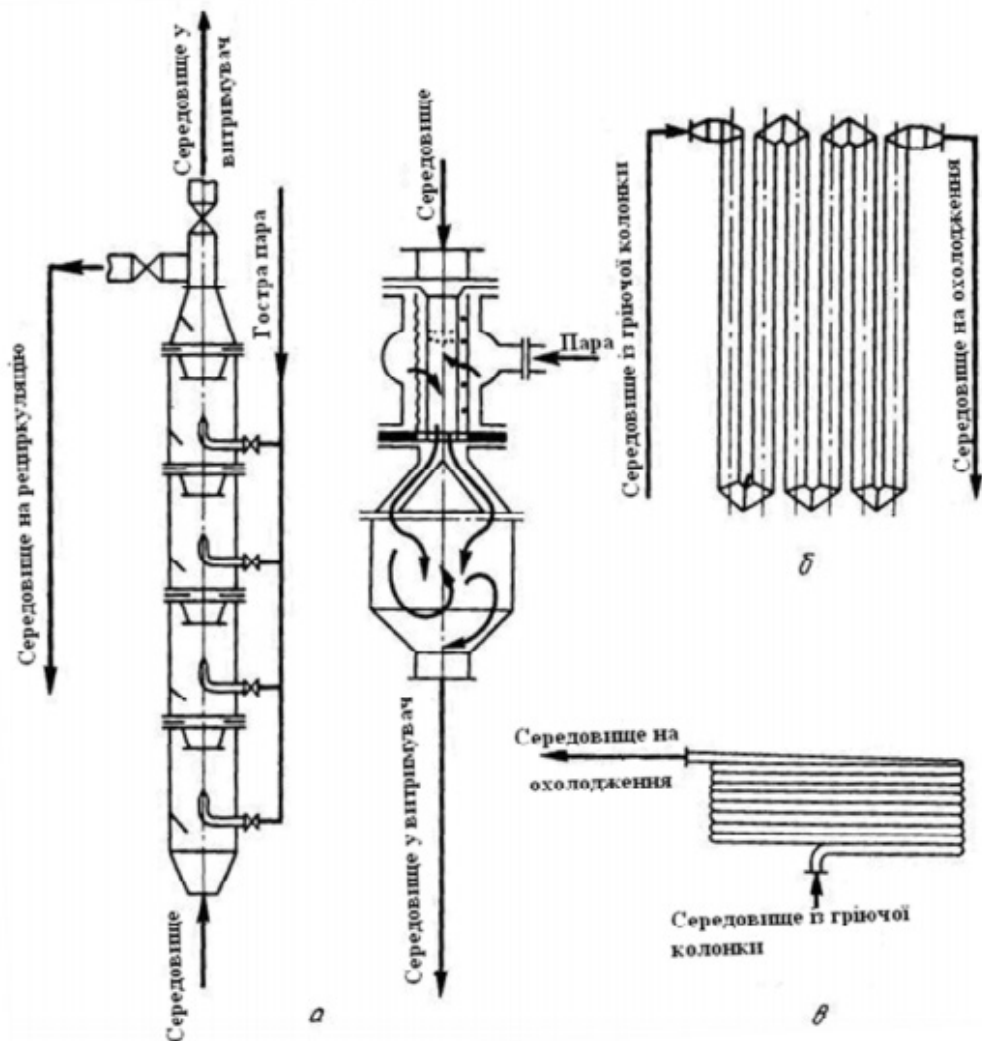


Рис. 1.3. Апарати безперервної стерилізації рідкого поживного середовища:

а – тарілчасті нагрівальні колонки; б – витримувач колонного типу; в – витримувач спірального типу

1.2. Установка безперервної стерилізації продуктивністю 20 м³/год.

Схема УНС-20 складається з приймача живильного середовища, відцентрових насосів, нагрівача, ємнісного витримувача, рекуператора тепла, теплообмінника і системи автоматичного регулювання параметрів процесу.

До початку роботи все апарати, трубопроводи та арматура стерилізуються гострою парою. Водяна пара подається в нагрівач по обвідної лінії регулюючого клапана витрати пари, а потім в витримувач, рекуператор тепла і по обвідної лінії регулюючого клапана тиску - в охолоджувач. Одночасно відкриваються вентилі скидання конденсату і після досягнення у всій лінії температури не менше 140 градусів фіксується час початку стерилізації. Після закінчення стерилізації скидання конденсату закривається, включаються прилади автоматичного регулювання та встановлюється режим роботи УНС. Вентилі обвідних ліній перекриваються, і канали живильного середовища охолоджувача з'єднуються зі стерильним ферментатором.

Одночасно в охолоджувач подають охолоджуючу оборотну воду. Після досягнення стабільних значень тиску і температури з редактора-змішувача, в якому всі компоненти живильного середовища ретельно змішуються, нестерильне середовище надходить в приймач, звідки відцентровим насосом подається через вузьку вертикальну щілину в нагрівач зі швидкістю 3,5 м / с. При малому рівні середовища над збірними отвором утворюється воронка, при цьому можливі засмоктування нестерильного повітря і інфікування стерилізуючого середовища. Для запобігання цьому в площині, паралельної поперечному перерізі зливного отвору, на висоті 40 мм встановлюють екранує плоску шайбу.

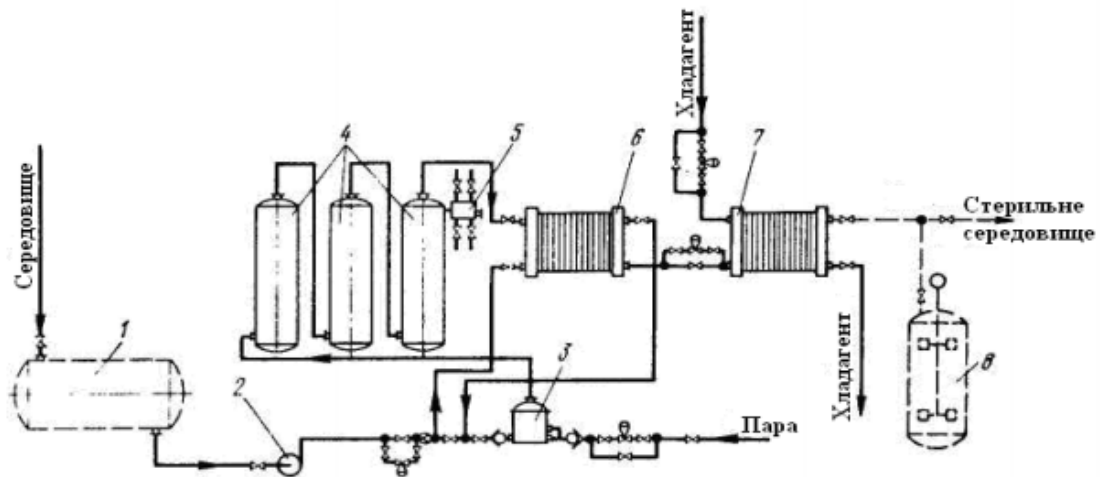


Рис. 1.4. Установа безперервної стерилізації продуктивністю
20 м³/год.

В нагрівач (5.7), що представляє собою циліндричну посудину 1 з еліптичною кришкою 2 місткістю 100 л, через сопла діаметром 2,5 мм розташованого на корпусі тангенціального штуцера 4 подається пар тиском 0,6 МПа, а через штуцер 3 - середовище в кількості 1, 5 м³/год. Середовище швидко нагрівається до 130 градусів і при цьому утворюється конденсат пари в кількості 0,5 м³ / год. З нагрівача середу тангенціально подається в нижній патрубок ємнісного витримувач, всередині якого розташовані ряд секцій, утворюючий сполучені циліндричні камери. Після цього середовище подається в пластинчастий теплообмінник- рекуператор тепла. У рекуператорі стерильному середовищі надходить в ферментатор при попередньому охолодженні в пластинчастому теплообміннику, а нестерильна живильне середовище з рекуператора надходить в нагрівач.

Витримувач є циліндричний посудину з двома еліптичними кришками, усередині якого по висоті розташовані 10 секцій. Кожна секція складається з центрального патрубка 1 з диском 2, насадженого на патрубок диска 3, привареного на кінці патрубка і напрямних 4.

Секції утворюють два ряди циліндричних камер: нижні 5, з яких середовище через прорізи 6 входить в центральний патрубок 1, і верхні 7 , в які середа з великою швидкістю виходить через вузькі щілини 8 з

центрального патрубку. За допомогою надсилаються середу завихряється, що сприяє кращому перемішуванню. Далі серед переміщається в наступну секцію через кільцевої зазор між диском 3 і обечайкой апарату 9. Проходячи послідовно від низу до верху через всі камери живильне середовище витримується при заданій температурі протягом заданого часу. З верхнього патрубка, розташованого на кришці витримувача, вона виходить і надходить через нижній штуцер в другій витримувач, а потім - в третій витримувач. Діаметр витримувача дорівнює 600 мм, висота-6000мм, місткість одного витримувач – 1,7 м³. Ємнісний витримувач легко розбирається і в разі необхідності механічно очищається.

Для збереження температури середовища витримувач покритий шаром теплоізоляції товщиною в 35 мм, а сполучні труби-шаром в 50 мм.

Рекуператор тепла являє собою пластинчастого розбірний теплообмінник з поверхнею теплообміну 100 м².

В процесі рекуперації тепла стерильна і нестерильна поживні середовища рухаються тонким шаром в звивистих щілиновидних каналах, утворених кожною парою пластин, причому кожна пластина омивається з одного боку гарячої, а з іншої сторони холодної середовищами. Завдяки гофрованої поверхні пластин встановлюється розвинений турбулентний режим руху рідин, що забезпечує між ними інтенсивний теплообмін. Ефективність роботи рекуператора тепла характеризується коефіцієнтом рекуперації, який для УНС становить 77%.

Установка оснащена контрольно-вимірювальними приладами, що забезпечують автоматичне регулювання процесу.

1.3. Установка для безперервного розварювання ВНИИПрБ і Мічуринського спиртозаводу

Приготовлений заміс з передрозварника насосом 11 через контактну головку 13 подається в варильну колону 14 першого ступеня. За рахунок різниць рівнів маса перетікає в варильні колони 15 другого ступеня. В контактної

головці 13 заміс підігрівається гострою парою. В варильній колоні першого ступеня маса по похилих перегородок тече згори вниз; гострий пар в цю колону підводиться знизу, і маса нагрівається до 138-140 градусів. Час перебування маси в кожній колоні 20-25 хвилин. Зварена маса з апарату через клапан регулятора рівня 16 надходить в паросепаратор 17, в якому від маси відділяється вторинна пара. Ця пара використовується для нагрівання замісу в передрозварнику. Кількість вторинної пари становить 55-60 кг на 1 тону розвареної маси. Розварена маса з паросепаратора 17 надходить на охолодження і оцукровування.

При роботі за даною схемою безперервного розварювання збільшується вихід спирту на 1,2 дал/т крохмалю в порівнянні з періодичним способом і знижуються витрати пари до 50% до маси зерна. Продуктивність установки для безперервного розварювання в розрахунку на абсолютний спирт дорівнює 800-1200 дал/добу.

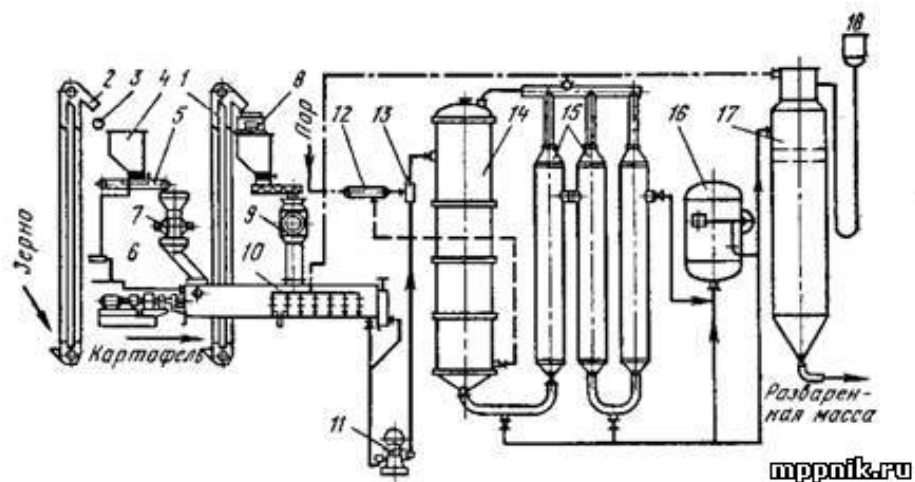


Рис. 1.5. Схема безперервного розварювання ВНИИПрБ і Мічуринаського Спиртзавода: 1- елеватор для картоплі; 2- елеватор для зерна; 3- магнітний сепаратор; 4- приймальний бункер для зерна; 5- стрічковий ваговий дозатор для зерна; 6- регулюючий вентиль для води; 7- молоткова дробарка для зерна; 8- автоматичні порційні ваги для картоплі; 9- картоплетерка; 10- змішувач- предрозварювач; 11- насос для подачі замісу; 12- колектор для гострого пару; 13- контактна головка; 14- варочна колона першого

ступеню;15- варочні колони другого ступеню;16- регулятор рівня маси;17- паросепаратор.

1.4. Установка для безперервного розварювання УкрНДЦП і Мироцького спиртзаводу

На основі робіт, проведених в УкрНДЦП, розроблений і впроваджений на Мироцькому спиртзаводі метод швидкісного безперервного розварювання сировини. Особливістю схеми є висока температура розварювання (до 170 градусів) і мала тривалість розварювання (2-3 хв).

Дроблене зерно з водою змішується в змішувачі 5. Підігрів маси проводиться парою з паросепаратора. Температура замісу при переробці зерна 50-55 градусів, картоплі 30-35 градусів. Тривалість приготування замісу 15 хв. З змішувача маса насосом подається через трубчастий теплообмінник 7, в якому вона підігрівається на 10-15 градусів. Потім в контактній головці 8 маса нагрівається до 170 градусів, куди підводиться пар тиском 0,8 МПа. У голівці відбувається ефективне змішування замісу з парою.

У трубчастому розварнику 9 з метою інтенсивного перемішування у фланцевих з'єднаннях встановлені діафрагми, прохідний перетин яких становить до 20% перетину труби. Ступінь заповнення об'єму розварника 30-32%. По ходу руху маси в розварнику тиск падає і на виході з розварника він становить 0,4 – 0,45 МПа, що відповідає 142-145 градусам. Через перепад тиску всередині апарату об'єм суміші зростає в результаті виділення вторинної пари, що збільшує швидкість руху маси по трубі до 0,3-0,4 м/с і покращує умови диспергування маси. Однак збільшення обсягу суміші за рахунок вторинного пару знижує ступінь використання об'єму апарату. При такій схемі розварювання збільшується вихід спирту на 1,2 дал/т крохмалю.

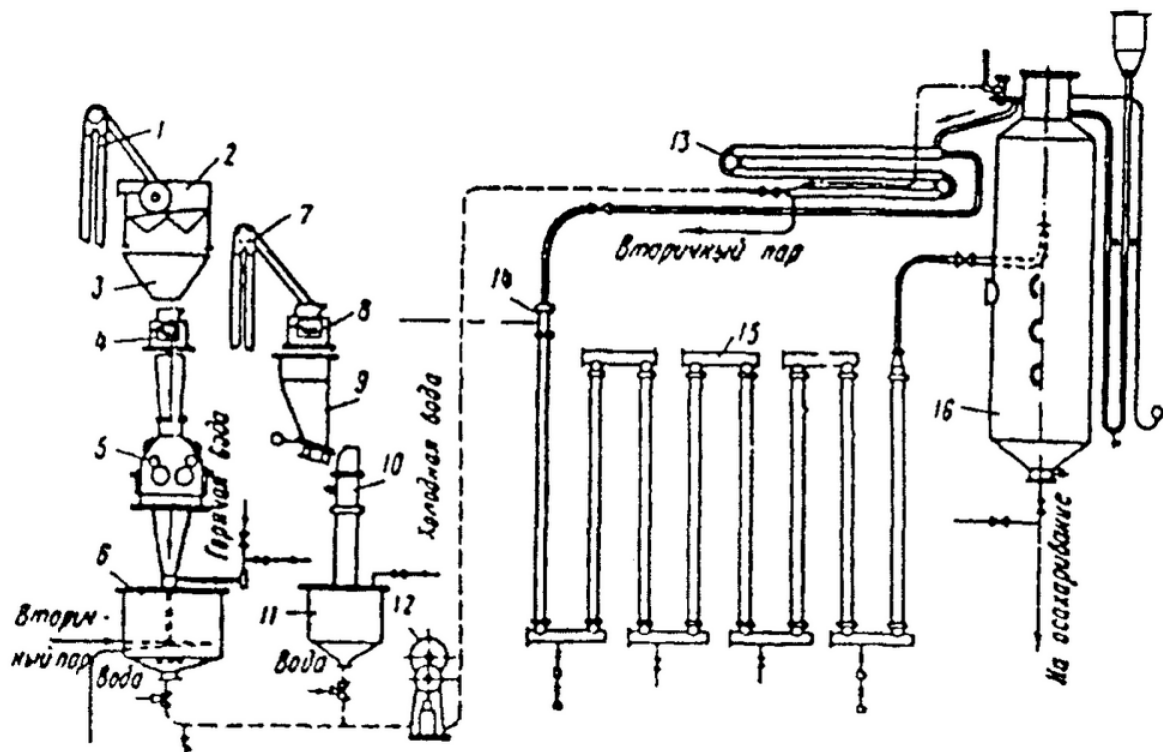


Рис. 1.6. Схема безперервного розварювання УкрНДЦП і Мироцького спиртзаводу

1-елеватор для зерна; 2-сепаратор;3- автоматичні ваги;4-вальцевий станок;5- змішувач;6-плунжерний насос;7- підігрівач для замісу;8- контактна головка;9-трубчатий варочний апарат;10- паросепаратор.

1.5 Патентні дослідження

1.5.1 Установа для гідроферментативної обробки крохмалевмісної сировини

1. Установа для гідроферментативної обробки крохмалевмісної сировини що включає послідовно з'єднані системою трубопроводів апарат для приготування замісу, гостропарову контактну головку, апарати гідроферментативної обробки сировини, особливість якого проявляється в тому, що установку оснащено колонним апаратом, змонтованим безпосередньо після гостропарової контактної головки і з'єднаним з апаратами гідроферментативної обробки сировини теплообмінними трубами, а апарат для приготування замісу оснащено дисмембратором та відбійниками, розміщеними діаметрально по висоті апарата.

2. Установа по п.1, особливість якого проявляється в тому, що теплообмінні труби мають діаметр 100-300 мм.

3. Установа по п.1, особливість якого проявляється в тому, що відбійники в апараті для приготування замісу мають ширину 100-200 мм, а їх кількість дорівнює чотирьом.

Установа, що заявляється, представлена на (рис 1.7). Установа включає: дисмембратор 1, апарат 2 приготування замісу з відбійниками, насос 3, гостропарову контактну головку 4, колонний апарат 5, теплообмінні труби 6, апарат 7 гідроферментативної обробки першого ступеня, апарат 8 гідроферментативної обробки другого ступеня, оцукрювач 9, збірники 10 для ферментних препаратів і 11 для антисептика.

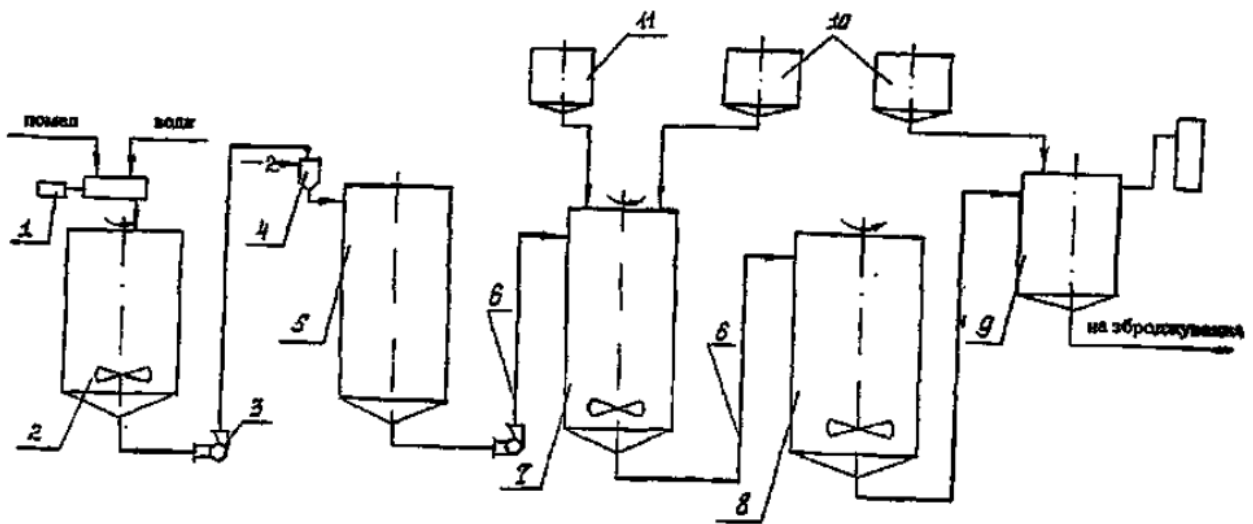


Рис 1.7 Установа для гідроферментативної обробки крохмалевмісної сировини

1.5.2 Пристрій для стерилізації та пастеризації рідких харчових продуктів

1. Пристрій для стерилізації та пастеризації рідких харчових продуктів, що містить з'єднані між собою системою технологічних трубопроводів накопичувальну ємність, насос, генератор НВЧ-енергії, хвилевід, камеру для НВЧ-обробки, особливість якого проявляється в тому, що він додатково

містить модуль-стерилізатор, розташований в камері НВЧ- обробки, який має принаймні дві пластини з радіо- прозорого матеріалу, а щільний канал між пластинами дорівнює 100-750мкм, і який зафіксовано за допомогою ряду вертикальних прошарків, при- чому насос з'єднаний з входом накопичувальної ємності, вихід якої з'єднаний з входом модуля-стерилізатора, який з'єднаний з ємністю для обробленого харчового продукту, генератор НВЧ-енергії з'єднаний з входом камери НВЧ-обробки.

2. Пристрій за п. 1, особливість якого проявляється в тому, що бокові зони між пластинами герметизовані, а відкриті верхні та нижні торці введені в напірний та вихідний колектори.

Пристрій складається з камери НВЧ-обробки 1, модуля-стерилізатору 2, хвилеводу 3, генератору НВЧ-енергії 4, накопичувальної ємності 5, ємності для пастеризованого продукту 6, трубопроводів для потоків, що оброблюються 7, насосу 8.

Модуль-стерилізатор 2 складався з вхідного 9 та вихідного 10 колекторів, робочої ємності 11, яка утворювалася поверхнями з радіопрозорого матеріалу. Модуль зі щільовими каналами конструктивно простий. Необхідний зазор каналу забезпечувався товщиною прошарків 12. Всі вузли модулю виготовлялися з радіопрозорих матеріалів. Це скло, фторопласт та силікон.

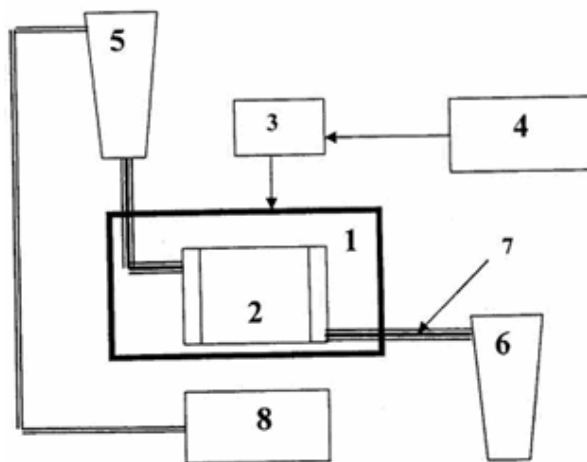


Рис. 1.8 Пристрій для пастеризації та стерилізації рідких харчових продуктів

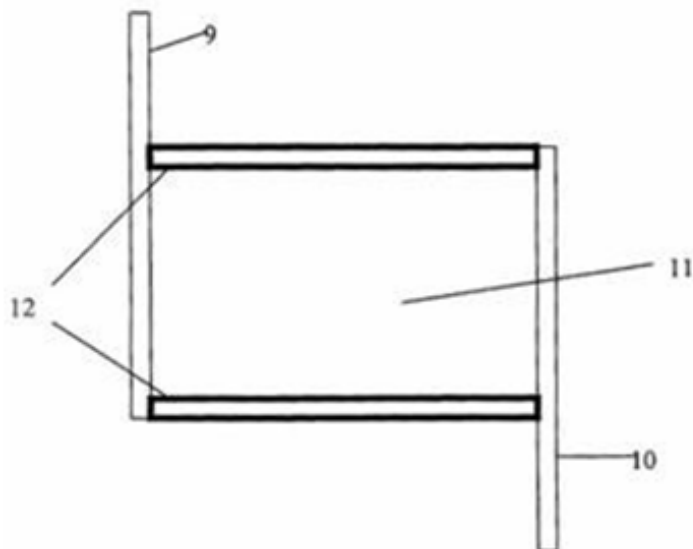


Рис. 1.9 Модуль-стерилізатор.

1.5.3 Апарат для стерилізації рідини

Апарат для стерилізації рідини, наприклад поживного середовища, який містить вертикальну циліндричну ємність із технологічними патрубками, усередині якої розміщений теплопередавальний пристрій типу "теплова труба", що складається з випарної, транспортної й конденсаторної частин, особливість якого проявляється в тому, що нижня частина ємності обладнана оболонкою, що заповнена високотемпературним теплоносієм, у який занурені випарна частина теплопередавального пристрою у вигляді тора й джерело теплової енергії, а конденсаторна частина теплопередавального пристрою розміщена усередині циліндричної ємності й виконана у вигляді багатовиткового трубчастого змійовика, що складається із двох частин просторових спіралей із протилежним напрямком навивання витків і розташованих із частковим перекриттям одна іншої, причому кут нахилу витків спіралей трубчастого змійовика становить не менше 30° відносно вертикальної осі ємності.

Запропонований апарат для стерилізації рідини (рис. 1.10) складається з вертикальної циліндричної ємності 1, усередині якої розміщена

конденсаторна частина 2 теплопередавального пристрою у вигляді трубчастого змійовика, що складається із двох частин просторових спіралей із протилежною навіванням витків. Діаметр витків кожної спіралі становить 0,8-0,85 внутрішнього діаметра ємності 1, крок витків - 2,2-2,3 діаметр труби змійовика. Зовнішня оболонка 3 охоплює нижню частину ємності 1 і заповнена високотемпературним теплоносієм (гліцерином) 4, у який занурені джерело теплової енергії (ТЕН) 5 і випарна частина 6 теплопередавального пристрою. Випарна частина 6 виконана із труби діаметром 50-60 мм у вигляді тора, що має зовнішній діаметр, який становить не менш 0,8-0,9 діаметра циліндричної ємності 1.

Ємність 1 і оболонка 3 мають теплоізоляцію 7, а також патрубки підведення 8 і відводу 9 середовища, яке стерилізується. Конденсаторна 2 і випарна 6 частини пристрою об'єднані в герметичну порожнину, що частково заповнена робочим тілом (деаерованою водою) 10.

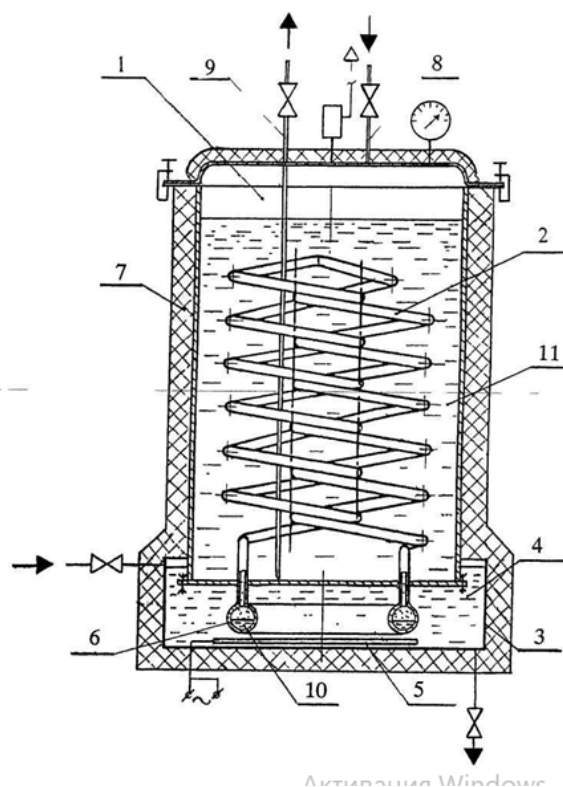


Рис. 1.10. Апарат для стерилізації рідини

РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Магістерська робота є комплексною, загальна мета якої – скомпонувати лінію неперервної стерилізації поживних середовищ продуктивністю 25 м³/год. Конкретним завданням, виданим на проектування, є дослідження ділянки теплового оброблення приготовленого поживного середовища, а саме процеси його стерилізації та охолодження.

Об'єктом досліджень є процеси стерилізації і подальшого охолодження поживного середовища, яким є 10% розчин меляси. Предмети досліджень – напружено-деформований стан витримувача та режими роботи теплообмінника типу «труба в трубі».

2.1. Суть і опис процесів та обладнання, які розглядаються

Витримувач

Процес витримування розчину меляси здійснюється в колонах витримування при температурі 120 °С. Він призначений для продовження часу стерилізації й досягнення максимальної загибелі мікрофлори. Апарат може бути виконаний у вигляді циліндричної місткості, колони з паровою сорочкою.

Витримувач для поживного середовища має вертикальний циліндричний корпус зі знімним конічним днищем і кришкою (рис.2.1). В його нижній частині розташований відвідний патрубок, а у верхній частині три колони з'єднуються між собою через патрубки для вирівнювання тиску. Для забезпечення потрібної температури витримування апарат оснащений паровою сорочкою з двома патрубками для входу та виходу пари. Маса подається поступово з контактної головки в колони витримування за рахунок різного рівня маси і витримується при температурі 120 °С протягом 15 хвилин.

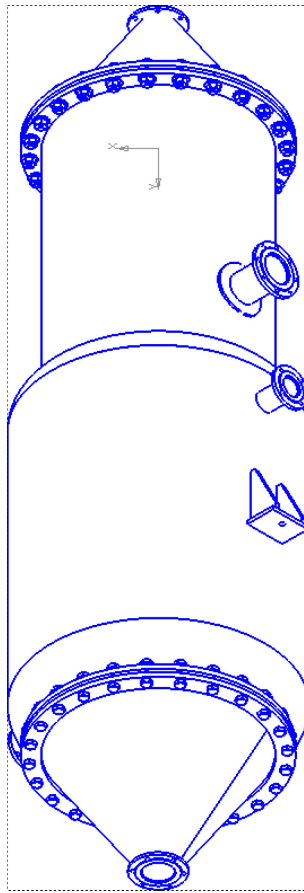


Рис. 2.1. Витримувач

Теплообмінник типу «труба в трубі»

Основним елементом теплообмінника такого типу є пристрій, що складається з двох труб різного діаметру.

Значна різниця в діаметрах труб дає можливість вставити одну трубу в іншу по поздовжній осі, залишаючи проміжок між стінками труб для вільного переміщення теплоносія. Підключення до системи забезпечує постійний пропуск протитечією оброблюваного продукту і гарячої води, пари або холодного розсолу.

Надійність роботи теплообмінників, виготовлених за типом «труба в трубі», зручність їх експлуатації ґрунтується на таких факторах, як:

- компенсація температурних деформацій;
- щільність і міцність роз'ємних фланцевих з'єднань;
- зручність при технічному обслуговуванні агрегату.

Конструкція теплообмінника складається з кількох прямолінійних ділянок труб, розташованих одна над одною (рис. 2.2). Внутрішні труби з меншим діаметром послідовно з'єднані одна з одною дугами в півколо (перехідними каналами), які кріпляться фланцевим з'єднанням. З'єднання зовнішніх труб виконується спеціальними патрубками, які дозволяють теплоносію вільно переміщатися по секції.

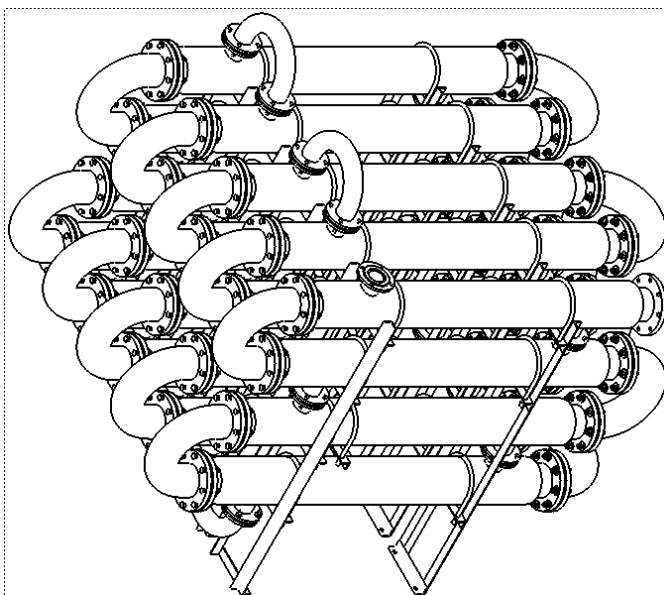


Рис. 2.2. Теплообмінник типу «труба в трубі»

2.2. Методика імітаційного моделювання

Програмний продукт **SolidWorks** є найпоширенішим інструментом, використовуваним для автоматизованого проектування (САПР) і 3D моделювання. Створення 3D деталей і подальше їх об'єднання у зборки дає можливість проєктанту уникнути помилок, які часто виникають при кресленні проєкцій виробів вручну.

Програма для проведення тривимірного проектування під назвою **SolidWorks** в процесі роботи використовує звичний багатьом користувачам інтерфейс **Windows**. Доступні версії різними мовами.

Найпоширеніші особливості **SolidWorks**:

1. Бібліотека стандартних компонентів і виробів, що містить деталі з різним призначенням і параметрами. У ній можна швидко знайти будь-який

об'єкт або скористатися стандартним компонентом як деталлю для модифікування.

2. Прив'язки, які можна виконувати безпосередньо в моделі. При цьому робочі елементи проєктованого предмета зв'язуються між собою для запобігання спотворення побудованого об'єкта при внесенні необхідних змін в саму модель.

3. Робота з різними рівняннями. У програмі є можливість пов'язати всі складові моделі за допомогою рівнянь, винесених в окремий створений документ текстового формату. При цьому при зміні одного елемента в об'єкті відбудеться синхронна зміна всієї моделі.

4. Автоматична побудова креслення безпосередньо з моделі, лише за кілька кліків комп'ютерною мишею. Така особливість практично незамінна для проєктування різноманітних технічних виробів.

5. Можливість зшивання поверхонь. Це дозволяє отримати твердотільну модель, яка буде придатною для відтворення на 3D принтері.

SOLIDWORKS Flow Simulation – додаток обчислення гідродинаміки (CFD), повністю вбудований в SOLIDWORKS. Він дає можливість швидко і просто моделювати ефекти потоку, теплообміну і гідродинамічних сил, які критично важливі для успішного проєктування.

SOLIDWORKS Flow Simulation дозволяє моделювати потоки рідини і газу, імітуючи реальні умови, запускати сценарії "що, якщо" і ефективно аналізувати наслідки потоку рідини, теплообміну і пов'язаних сил, що діють на компоненти і проходять через них. Також можна швидко порівнювати результати моделювання різних варіантів проєкту, щоб оптимізувати прийняття рішень і виробляти більш ефективні вироби.

Основними етапами розробки комп'ютерної моделі в SolidWorks Flow Simulation є:

1. Створення 3D-моделі в SolidWorks або іншій САПР.
2. Створення проєкту дослідження.
3. Створення підобластей течії .

4. Вибір матеріалу для конструкції та заглушок.
5. Задання граничних умов моделювання.
6. Постановка цілей проекту.
7. Запуск та проведення розрахунку.
8. Перегляд і аналіз результатів.

Для дослідження процесів, що протікають у колоні витримування і теплообміннику, у програмі КОМПАС 3D було створено твердотільні моделі, у яких безпосередньо і відбувається процес тепловогооброблення.

2.2.1. Постановка задачі дослідження колони витримування

На початку моделювання в просторі SolidWorks було задано нову рідку речовину – розчин меляси концентрацією 10%:

Свойство	Значение
Имя	10% Раствор меляссы
Комментарии	
Плотность	1040 kg/m ³
Динамическая вязкость	0.000367 Pa*s
Удельная теплоемкость (Cp)	4120 J/(kg*K)
Коэффициент теплопроводности	0.617 W/(m*K)
Эффект кавитации	<input type="checkbox"/>
Радиационные свойства	<input type="checkbox"/>

Призначенням витримувача є забезпечити збереження температури протягом певного часу для знищення мікроорганізмів та їх спор, тому важливо перевірити розподіл температур за заданих умов, а також виконати аналіз напружено-деформованого стану обладнання, оскільки умови його роботи є досить складними – високі тиски і температури.

Розглядаємо так звану «внутрішню задачу» – стан рідини в об'ємі витримувача (рис. 2.3).

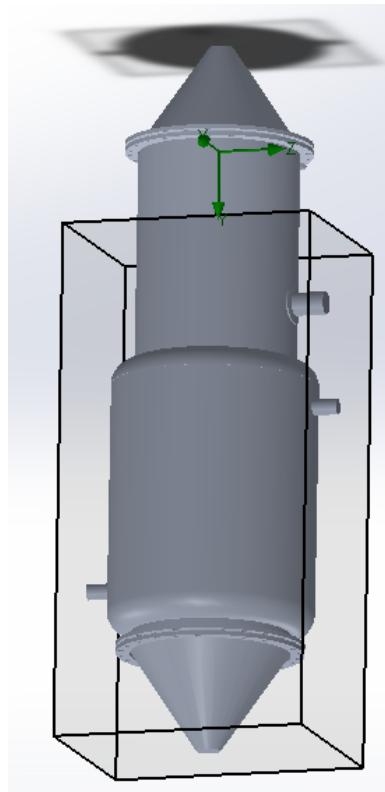
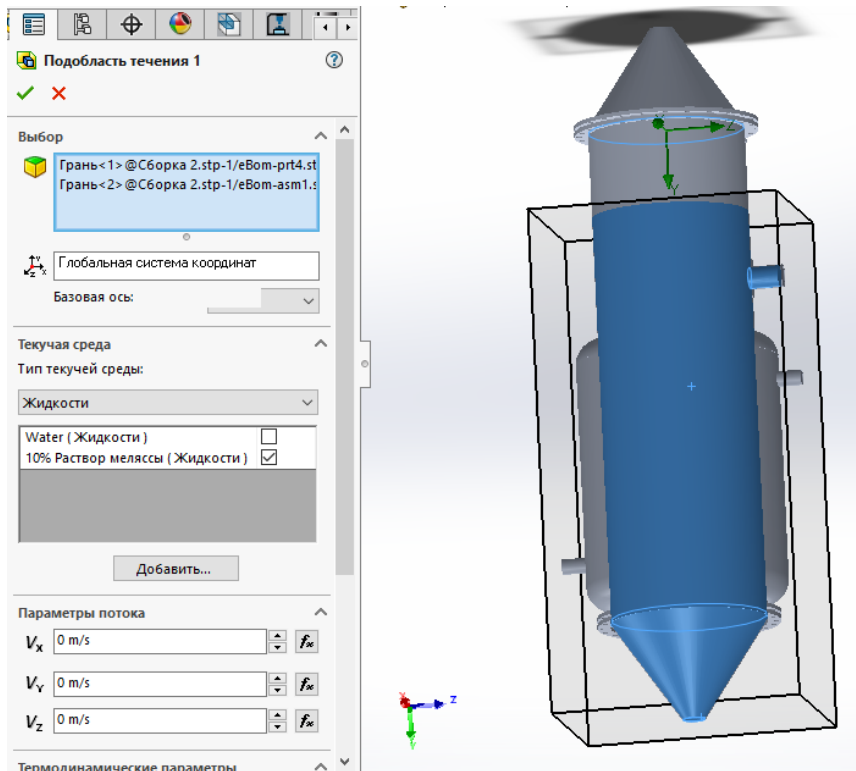


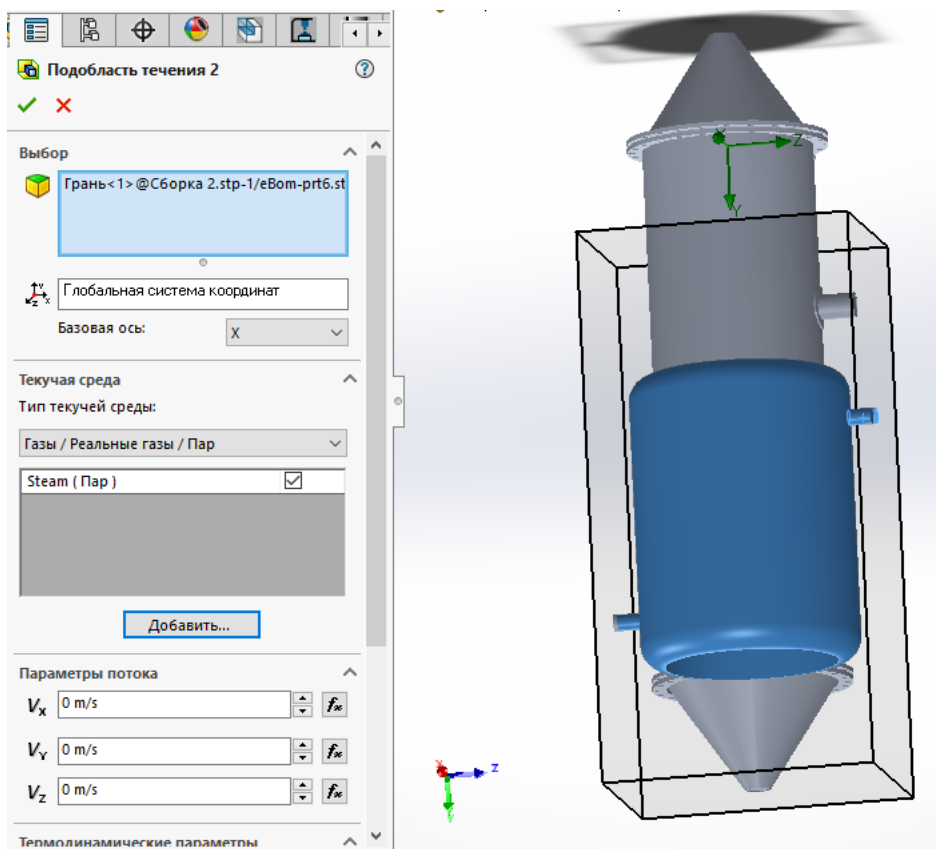
Рис. 2.3. Розрахункова область витримувача

Властивості й агрегатні стани продукту (розчину м'яся) і теплоносія (пари) суттєво відрізняються, тому потрібно створити дві окремі підобласті течії для протікання розчину м'яся (рис. 2.4) та пари (рис.2.5).

Розчин м'яся вибираємо з бібліотеки, куди вона попередньо вже була введена як новий продукт – розчин м'яся; пару – з інженерної бази даних.



2.4. Підобласть течії розчину меляси



2.5. Підобласть течії пари

Кожному елементу конструкції вибираємо матеріал, який в подальшому буде впливати на розрахунок, як тепловий, так і міцнісний, а саме AISI Тип 316L корозійностійка сталь. Для створених заглушок обираємо «ізолятор», так як вони не беруть участі в процесі теплового оброблення.

Граничні умови для розрахунку колони витримування

Визначальною умовою є об'ємна витрата продукту на вході (рис.2.6) та початкова температура розчину м'яса, а також аналогічні параметри пари (рис.2.7).

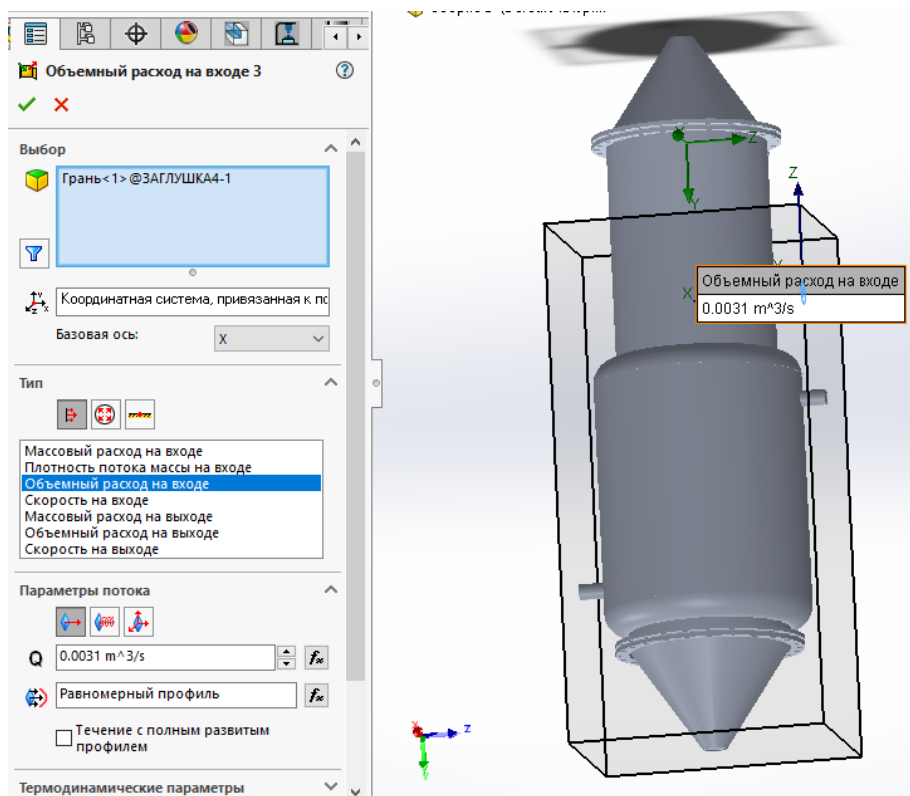


Рис. 2.6. Завдання граничних умов для розчину м'яса

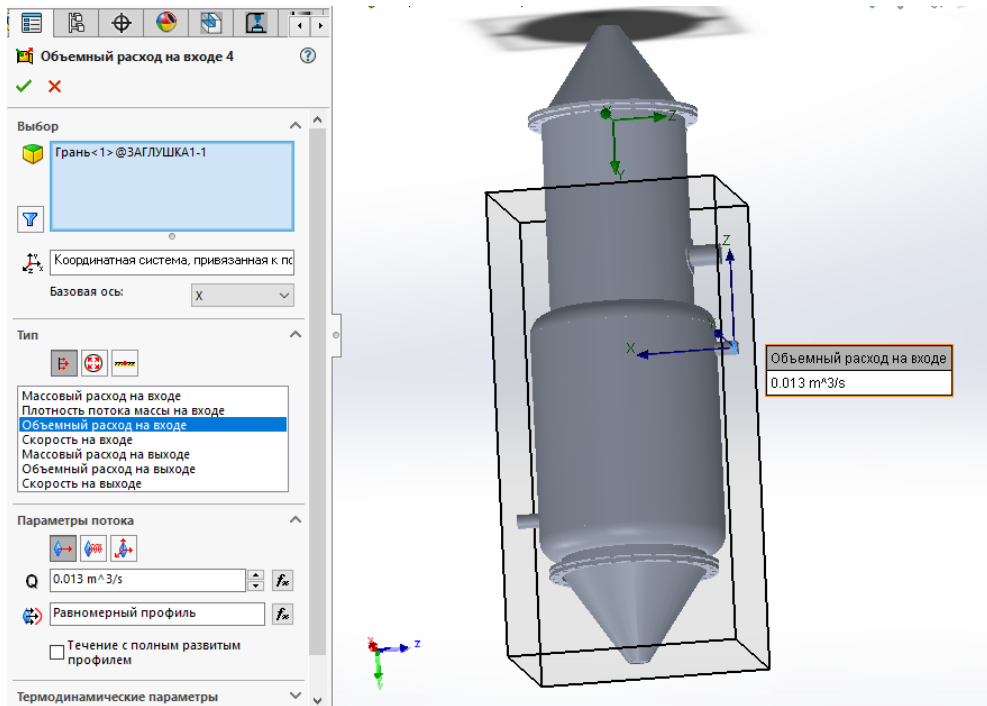


Рис.2.7. Завдання граничних умов для пари

Потрібно задати і тиск оточуючого середовища розчину меляси та пари на виході:

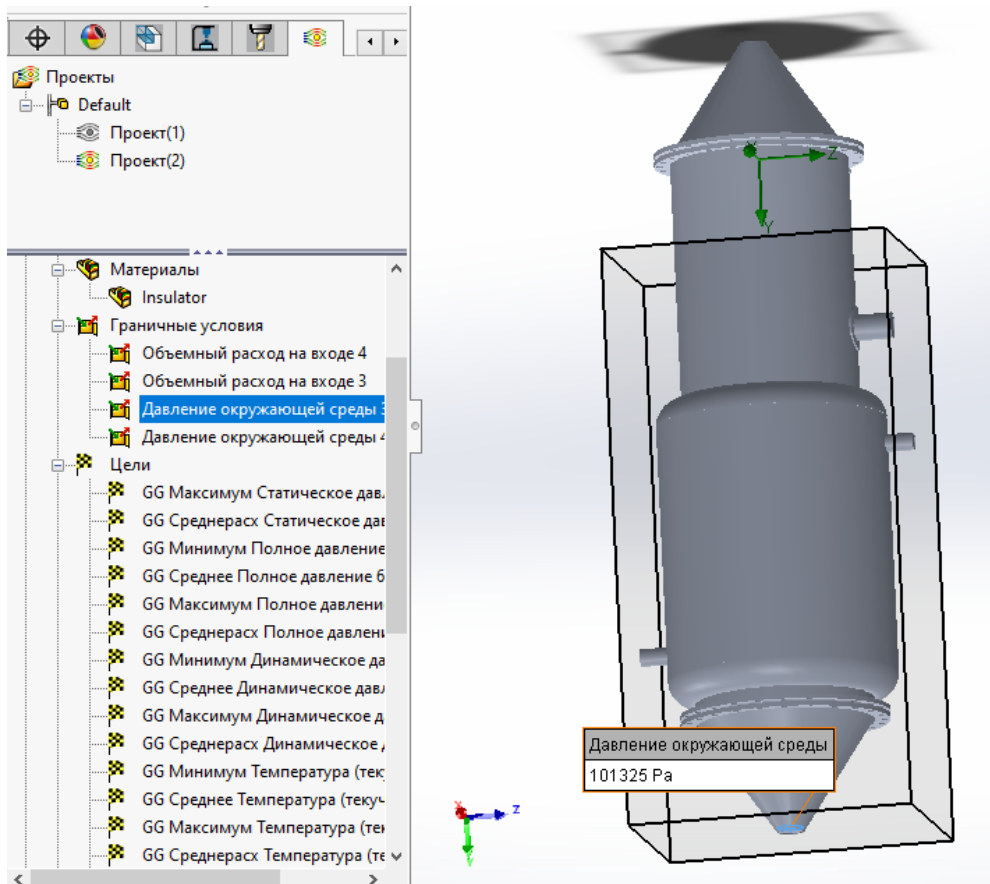


Рис. 2.8. Завдання зовнішнього тиску

2.2.2. Постановка задачі дослідження теплообмінника типу «труба в трубі» (рис.2.9)

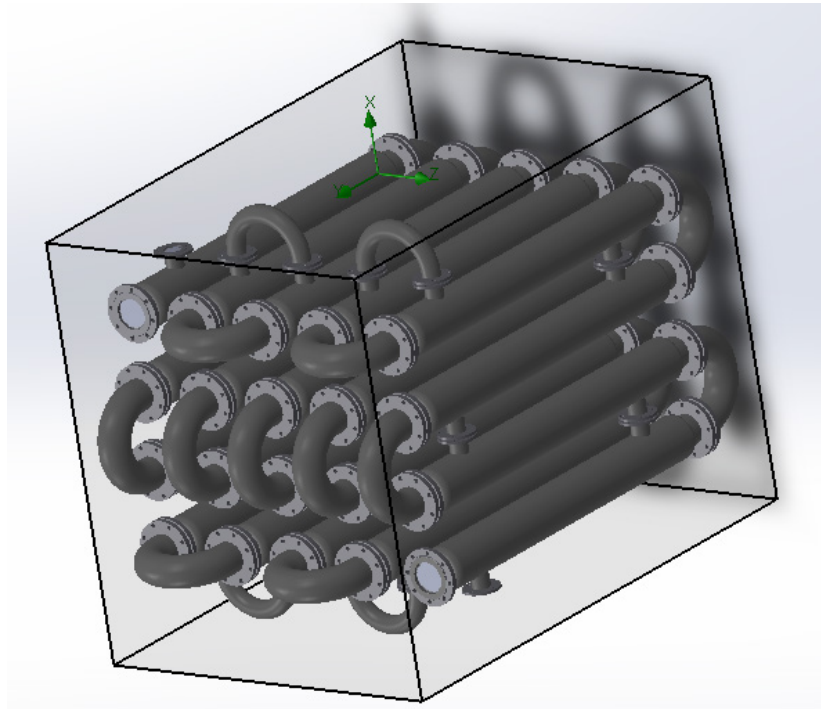


Рис.2.9. 3D-модель теплообмінника типу «труба в трубі»

Створюємо дві підобласті течії для протікання розчину меляси (рис.2.10) та охолоджуючої води (рис.2.11) відповідно:

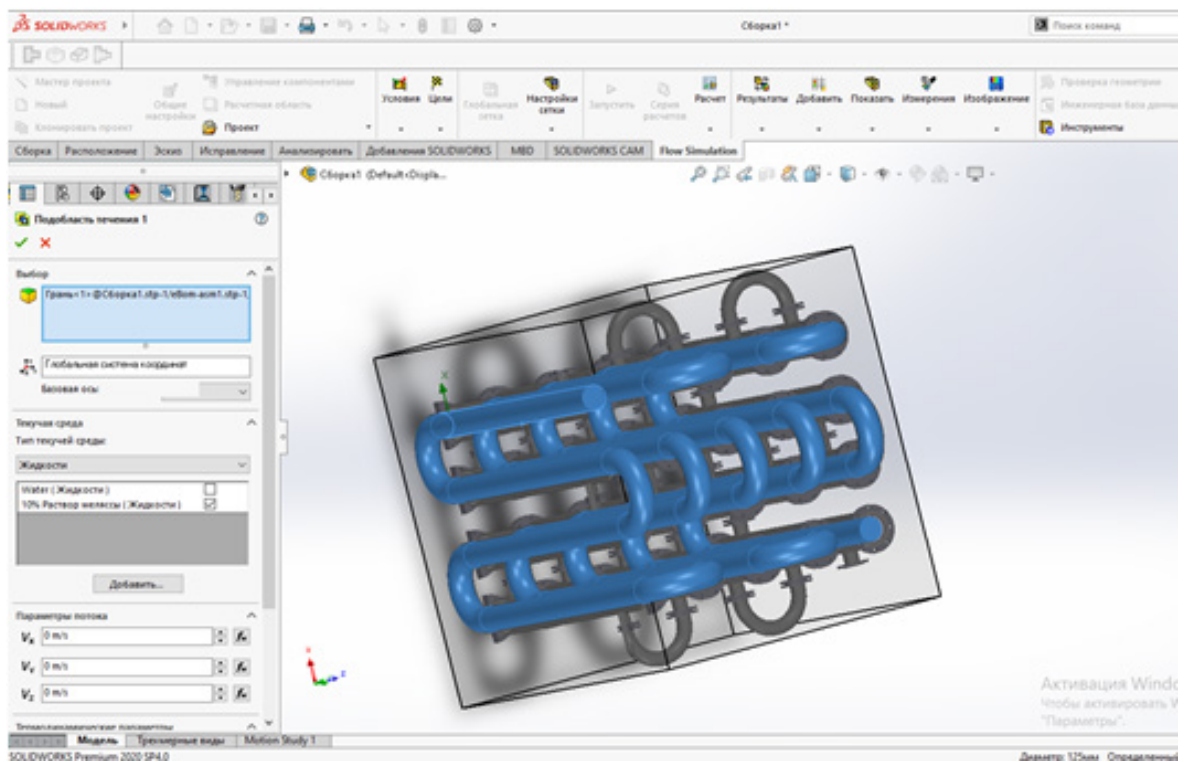


Рис. 2.10. Підобласть течії розчину меляси

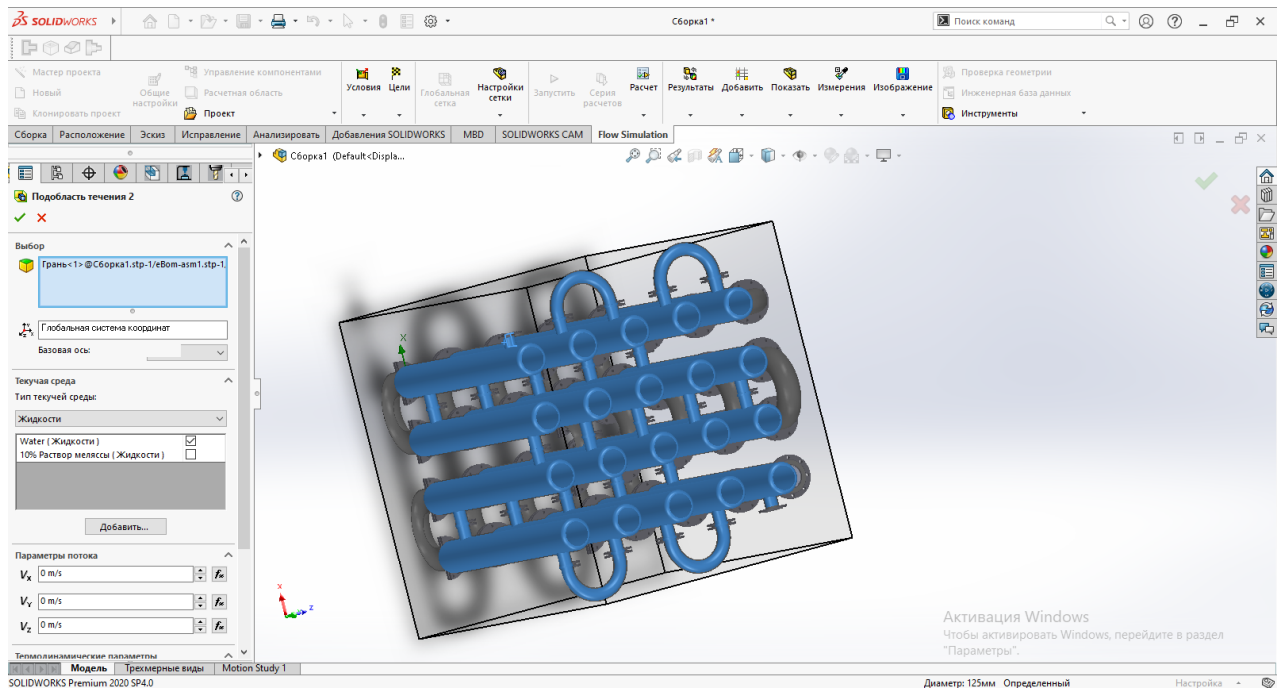


Рис. 2.11. Підобласть течії охолоджуючої води

Для подальшого вирішення задачі кожному елементу конструкції потрібно вибрати та присвоїти матеріал, який в подальшому буде впливати на розрахунок. Обираємо матеріал елементів теплообмінника AISI Тип 316L корозійностійка сталь. Для створених заглушок вибираємо «ізолятор», так як вони не беруть участі в процесі.

Граничні умови для розрахунків теплообмінника

Масова витрата на вході та початкова температура розчину меляси (рис.2.12):

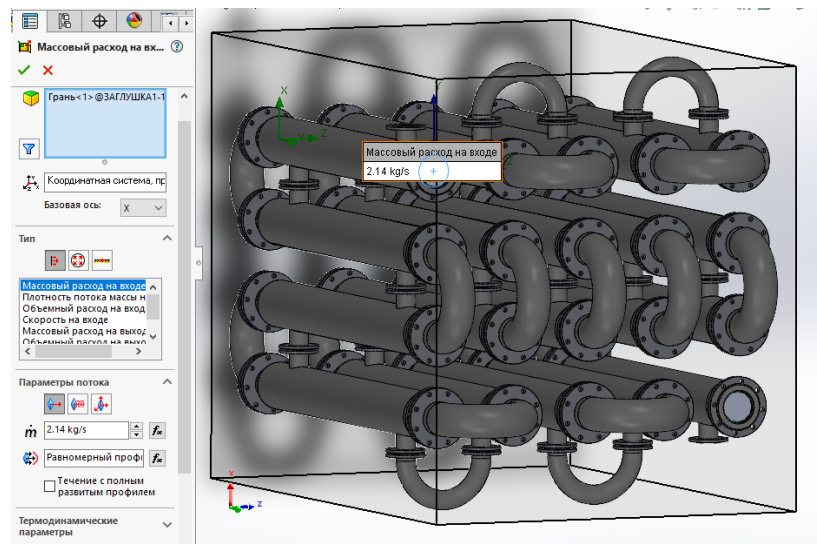


Рис. 2.12. Завдання граничних умов для визначення стану розчину меляси

Масова витрата на вході та початкова температура охолоджуваної води (рис.2.13):

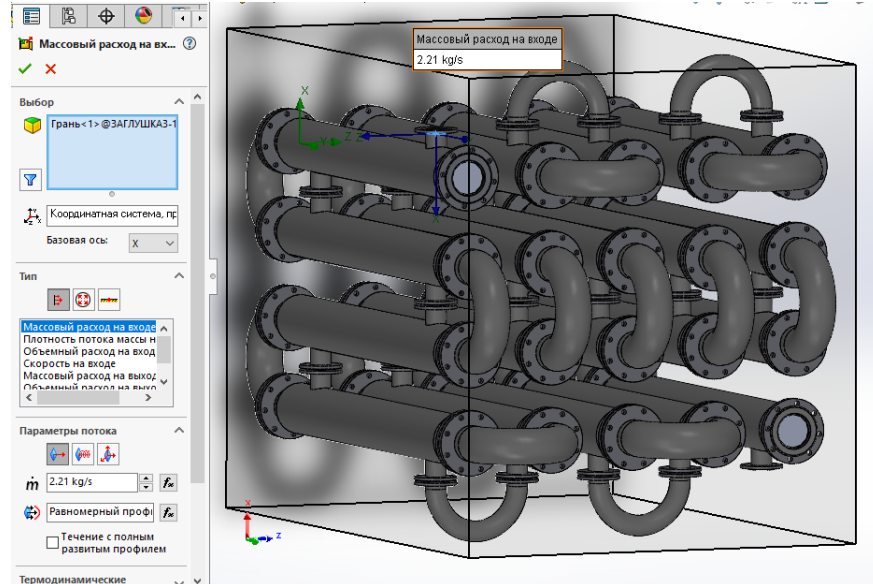


Рис. 2.13. Завдання граничних умов для визначення стану охолоджуючої води

Потрібно також задати на виході тиск оточуючого середовища розчину меляси (рис. 2.14) і тиск води (рис.2.15).

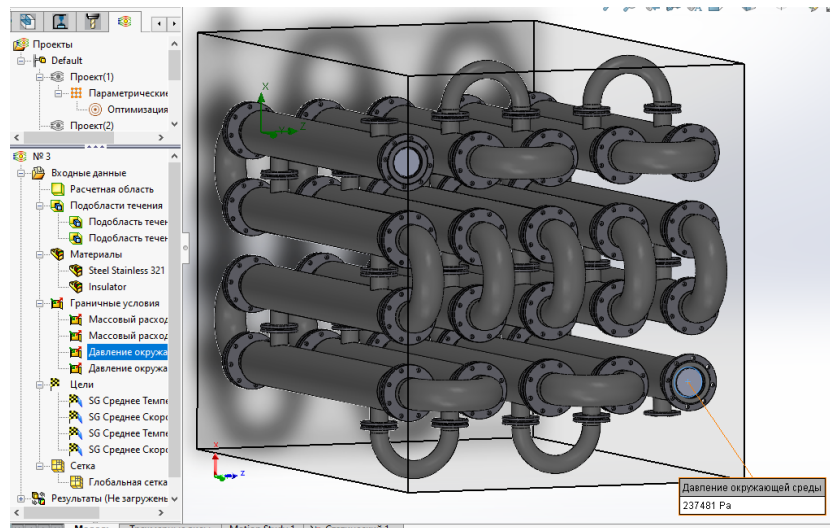


Рис. 2.14. Завдання тиску середовища на виході розчину меляси

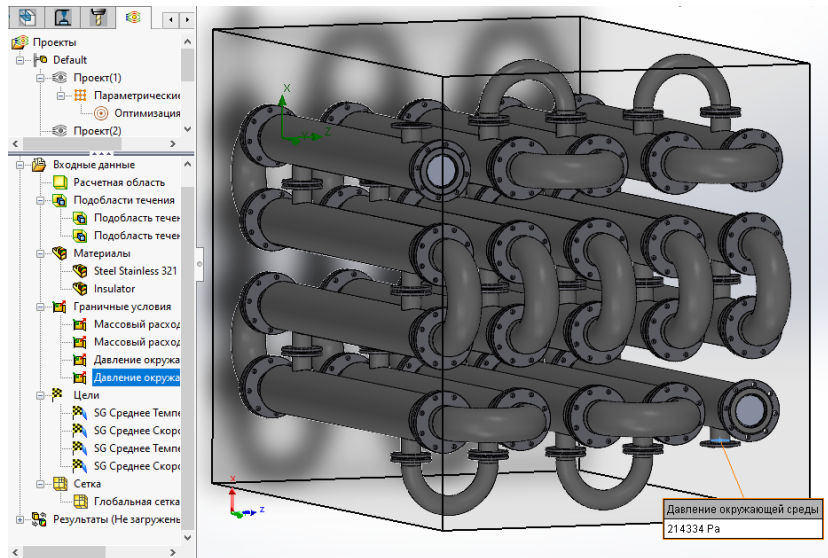


Рис. 2.15. Завдання тиску середовища на виході теплоагента

Після побудови сітки, яка складається із 621624 скінчених елементів, здійснювався розрахунок з урахуванням нестационарності процесу.

2.3. Методика побудови рівняння регресії

Для побудови рівняння регресії припускаємо, що температура продукту на виході з теплообмінника «труба в трубі», яка є цільовою функцією, залежить від температури продукту ($T_{вх.пр}$) на вході і тиску продукту (P_n).

Припускаємо, що процес охолодження розчину м'яса описується лінійним поліномом. Для двохфакторного експерименту це рівняння матиме вигляд

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2,$$

де β_i – коефіцієнти рівняння регресії.

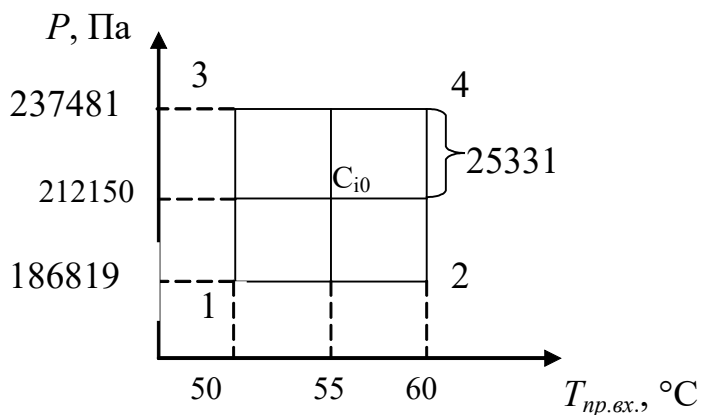


Рис. 2.16. Область визначення обраних факторів

Таблиця 2.1. – Матриця планування

№ досліду	Температура продукту на вході, $T_{ex.np.}$, °C	Тиск продукту, P_n , Па	X1	X2
1	50	186819	–	–
2	60	186819	+	–
3	50	237481	–	+
4	60	237481	+	+

Оброблення результатів отриманих даних здійснювалася за відомою методикою повного факторного експерименту.

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Аналіз параметрів потоків продукту і теплоносія у витримувачі розчину меляси

Ключовим параметром при витримуванні розчину меляси є дотримання всіх температурних режимів. Тому було проаналізовано процес протікання продукту та пари через апарат.

Вхідні параметри:

$T_{\text{вх. пр.}} = 120 \text{ }^\circ\text{C}$ – температура продукту;

$P_{\text{п.}} = 0,24 \text{ МПа}$ – тиск створений висотою продукту;

$Q_{\text{п.}} = 0,0031 \text{ м}^3/\text{с}$ – об'ємна витрата продукту;

$T_{\text{вх. пар.}} = 120 \text{ }^\circ\text{C}$ – температура пари;

$P_{\text{пар.}} = 0,3 \text{ МПа}$ – тиск пари;

$Q_{\text{пар.}} = 0,013 \text{ м}^3/\text{с}$ – об'ємна витрата пари.

Температури розчину меляси і пари на вході у витримувач однакові (рис.3.1), але внаслідок втрат теплоти температура продукту знижується до $109 \text{ }^\circ\text{C}$. Над шаром розчину меляси, оскільки апарат заповнений не вщент, спостерігаємо менші значення температур. Слід зазначити, що розглянуто нестационарний процес, етап надходження продукту в апарат, прогрівання його металевих стінок, надалі буде спостерігатися підвищення температури продукту за рахунок теплоти пари. Температура теплоносія в паровій оболонці поблизу випускного патрубку зменшується до $87 \text{ }^\circ\text{C}$.

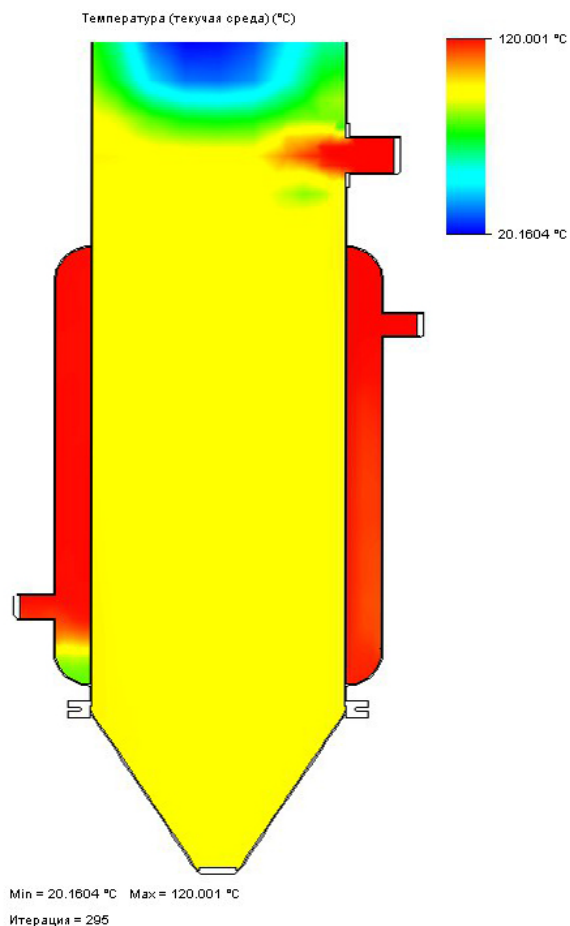


Рис.3.1. Розподіл температур у поздовжньому перерізі витримувача

У витримувачі розчин м'яса перебуває певний час, щоб забезпечити підтримання високої температури для знищення мікроорганізмів, тому руху продукту після заповнення апарату не відбувається (рис.3.2). Зміна швидкості руху пари відбувається у патрубках її підведення і відведення конденсату, де значно зменшується площа пропускного перерізу. Максимальні значення швидкості конденсату дорівнюють 3,62 м/с в ядрі потоку випускного патрубка конденсату.

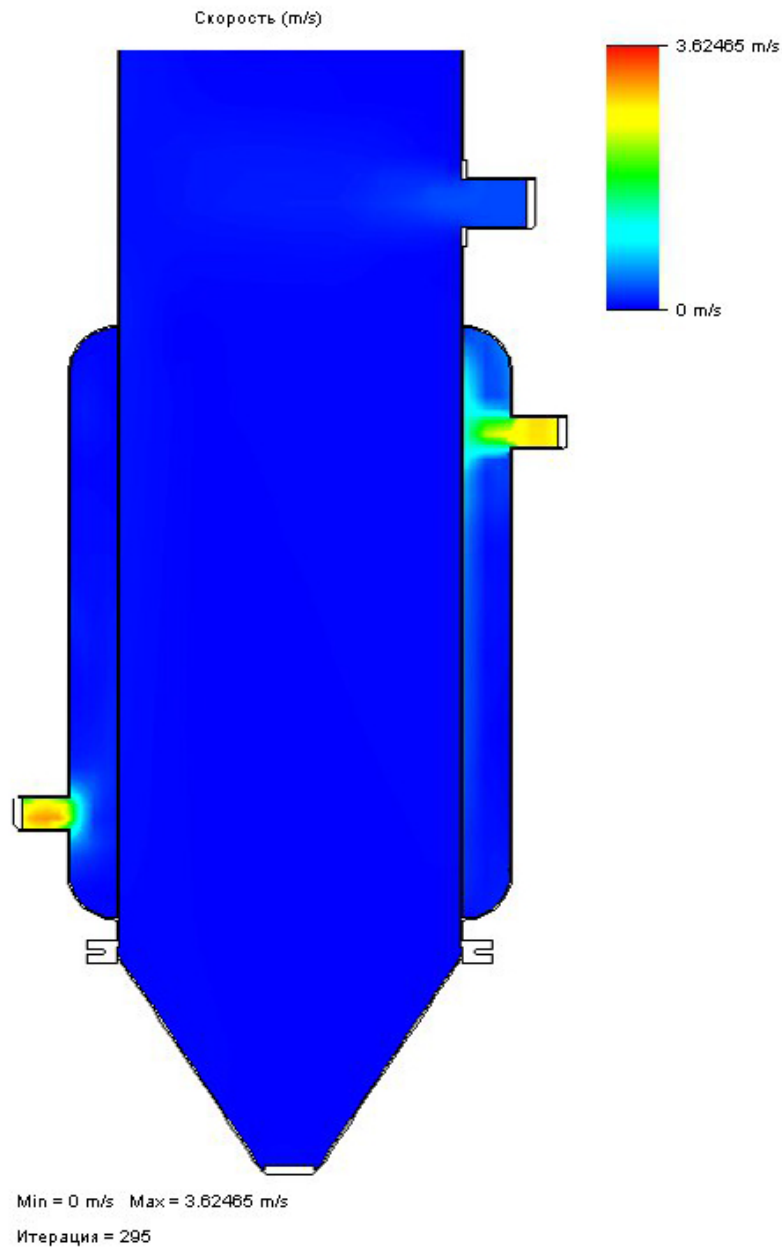


Рис.3.2. Розподіл швидкостей у поздовжньому перерізі витримувача

3.2. Аналіз напружено-деформованого стану елементів витримувача

Умови роботи витримувача (високі тиск і температури) є достатньо несприятливими для матеріалу стінок цього апарата. Тому важливо проаналізувати напружено-деформований стан витримувача і визначити місця, в яких виникають найбільші напруження і деформації внаслідок впливу надлишкового тиску пари (тиск пари 0,3 МПа), тиску, створеного стовпом рідини (тиск 0,24 МПа) та термічного оброблення (температура

120°C). Виконано статичний розрахунок, результати якого представлені на рис. 3.3 – 3.5.

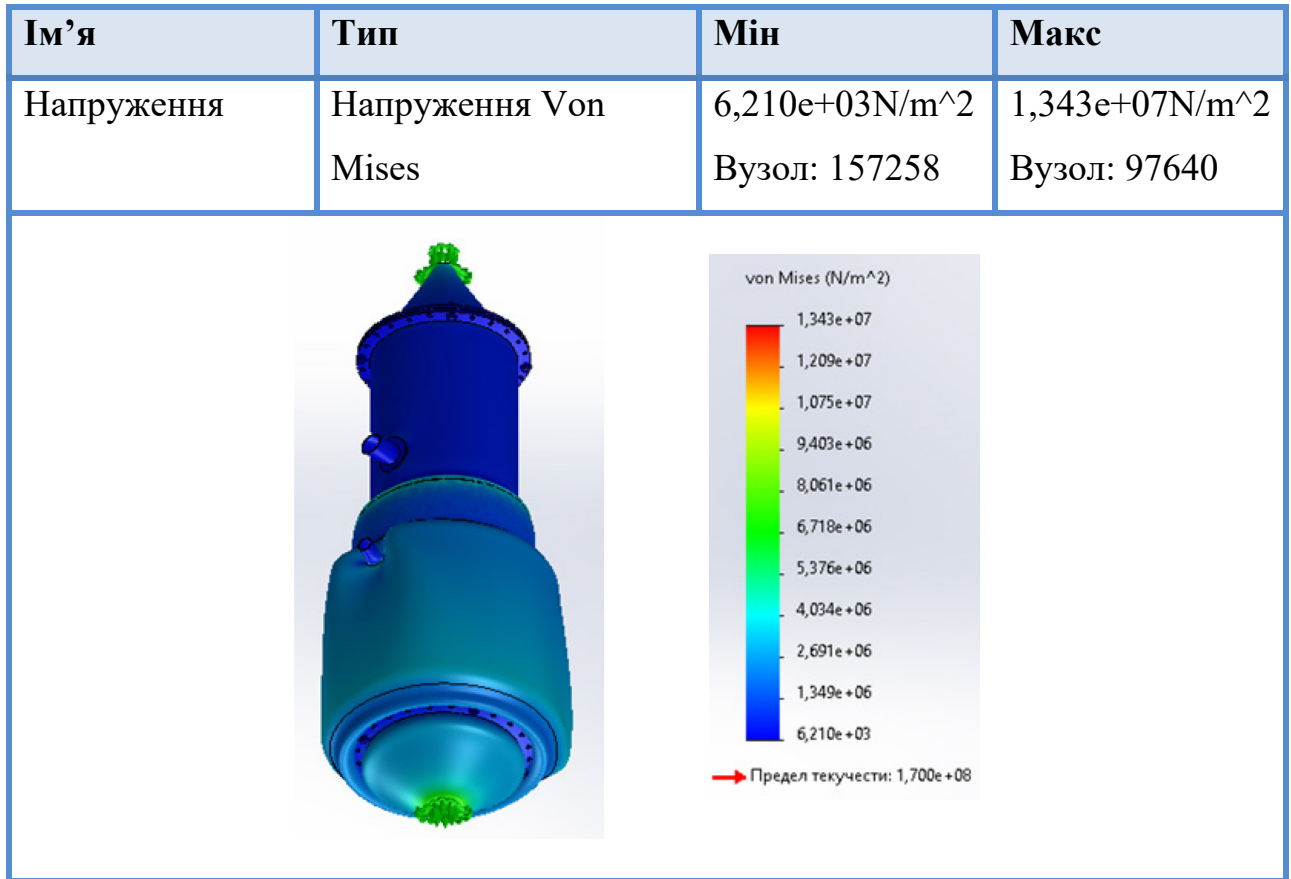


Рис.3.3. Розподіл напружень по Мізесу

Максимальні значення напруження по Мізесу спостерігаються у верхній частині апарата, яка не заповнена рідиною і становлять $1,343 \cdot 10^7$ Па. Це не перевищує межу текучості $1,7 \cdot 10^8$ Па, тому руйнування не відбудеться. Найбільші напруження виникають у місцях зварних швів корпусу і місці приєднання патрубків. На цих же ділянках, відповідно, відбуваються і найбільші зміщення (рис.3.4) і деформації елементів обладнання (рис.3.5).

Ім'я	Тип	Мін	Макс
Переміщення	URES: Результуючі переміщення	0,000e+00mm Вузол: 27629	3,025e-02mm Вузол: 454623

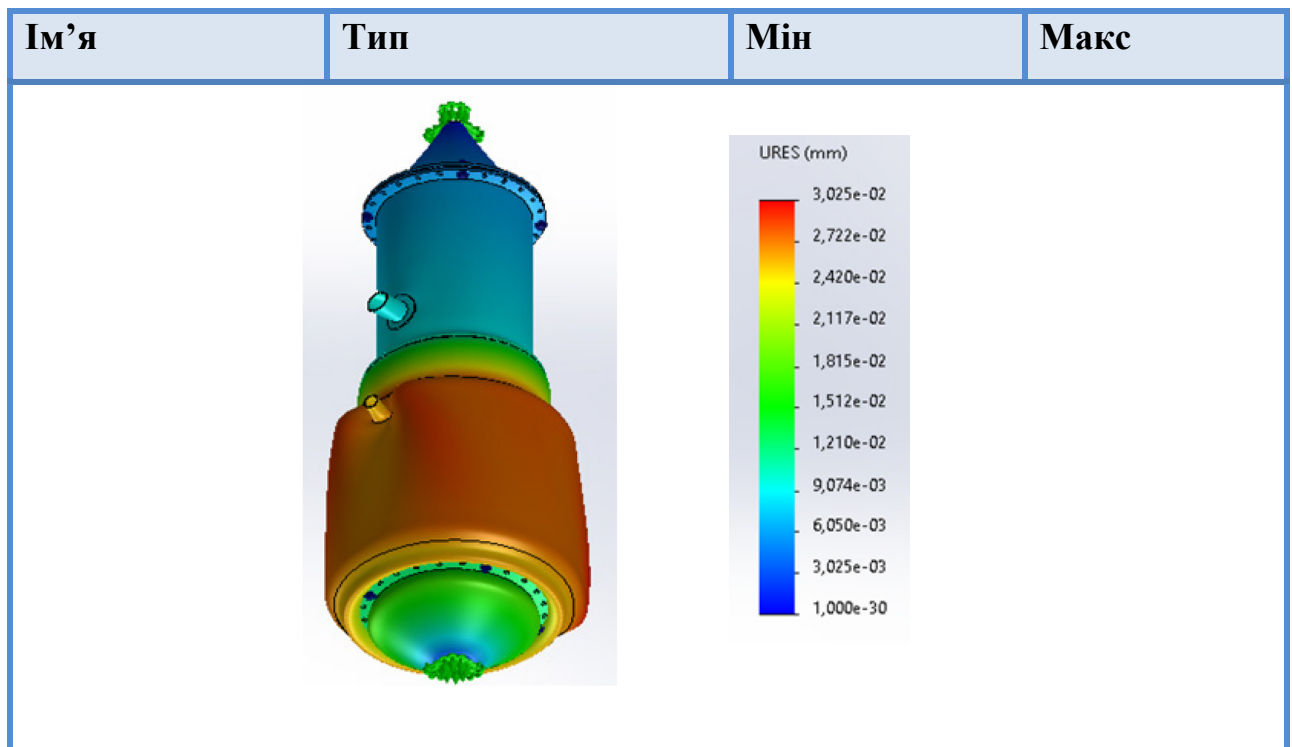


Рис.3.4. Результуючі переміщення у елементах витримувача

Найбільших зміщень і деформацій зазнали всі патрубки входу та виходу продукту та нагрівної пари, а також вся гріюча парова оболонка. Але всі ці переміщення доволі незначні (max переміщення= $3.025 \cdot 10^{-2}$ мм, максимальна деформація $4.719 \cdot 10^{-5}$ мм), тому матеріал та розміри товщини стінок і патрубків були розраховано та вибрано вірно.

Ім'я	Тип	Мін	Макс
Деформація	ESTRN: Еквівалентна деформація	6,913e-08	4,719e-05
		Елемент: 116522	Елемент: 58991

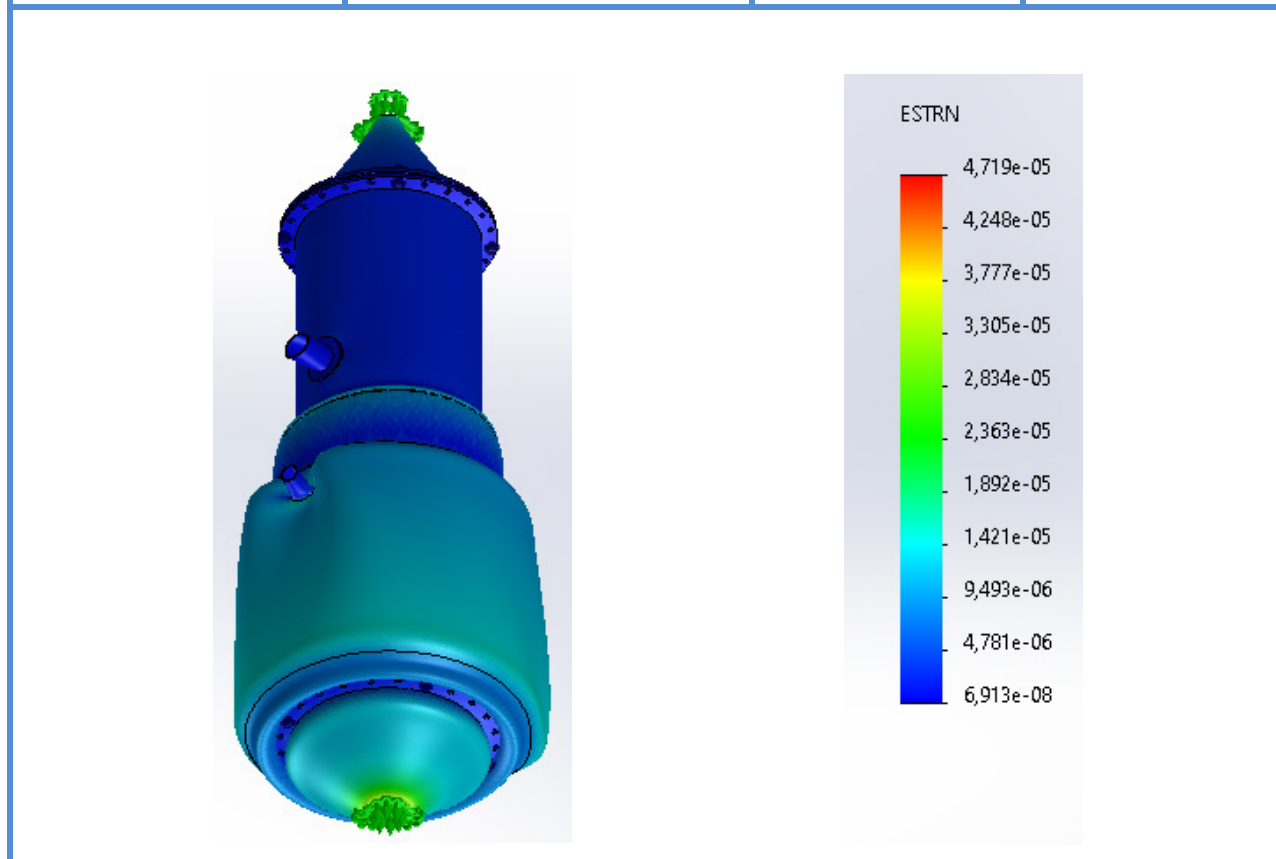


Рис.3.5. Еквівалентна деформація елементів витримувача

3.3. Імітаційне моделювання процесу охолодження розчину меляси

Останнім етапом підготовки поживного середовища є його охолодження до температур, при яких відбувається культивування мікроорганізмів. Після стерилізації, витримування і відділення пари у паросепараторі температура розчину меляси становить близько 60 °С, тому її треба знизити до значень, оптимальних для росту мікроорганізмів, а саме 28 °С.

Вихідним параметром, який визначає завершення процесу охолодження розчину меляси, є її температура на виході. Температура продукту, який охолоджується, а також тиск оточуючого середовища та швидкість потоку були проаналізовані для різних за вхідними параметрами варіантів.

В експериментальних дослідженнях для визначення кінцевої температури продукту $T_{\text{вих. пр.}} (^{\circ}\text{C})$, було проаналізовано чотири 3D-моделі, з різними тисками оточуючого середовища для продукту $P_{\text{п.}}$ (Па) та різними температурами продукту на вході в апарат $T_{\text{вих. пр.}} (^{\circ}\text{C})$. Матриця планування була складена за методом повного факторного експерименту (див.п. 2.3).

Для **1-ої моделі** були задані такі параметри:

$$T_{\text{вих. пр.}} = 50 ^{\circ}\text{C};$$

$$P_{\text{п.}} = 186819 \text{ Па};$$

$$M_{\text{п.}} = 2,14 \text{ кг/с} - \text{ масова витрата продукту};$$

$$T_{\text{вих. в.}} = 15 ^{\circ}\text{C};$$

$$P_{\text{в.}} = 214334 \text{ Па};$$

$$M_{\text{в.}} = 2,21 \text{ кг/с} - \text{ масова витрата води};$$

Для **2-ої моделі** були задані такі параметри:

$$T_{\text{вих. пр.}} = 60 ^{\circ}\text{C};$$

$$P_{\text{п.}} = 186819 \text{ Па};$$

$$M_{\text{п.}} = 2,14 \text{ кг/с};$$

$$T_{\text{вих. в.}} = 15 ^{\circ}\text{C};$$

$$P_{\text{в.}} = 214334 \text{ Па};$$

$$M_{\text{в.}} = 2,21 \text{ кг/с};$$

Для **3-ої моделі** були задані такі параметри:

$$T_{\text{вих. пр.}} = 50 ^{\circ}\text{C};$$

$$P_{\text{п.}} = 237481 \text{ Па};$$

$$M_{\text{п.}} = 2,14 \text{ кг/с};$$

$$T_{\text{вих. в.}} = 15 ^{\circ}\text{C};$$

$$P_{\text{в.}} = 214334 \text{ Па};$$

$$M_{\text{в.}} = 2,21 \text{ кг/с};$$

Для 4-ої моделі були задані такі параметри:

$$T_{\text{вх. пр.}} = 60 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$P_{\text{п.}} = 237481 \text{ Па};$$

$$M_{\text{п.}} = 2,14 \text{ кг/с};$$

$$T_{\text{вх. в.}} = 15 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$P_{\text{в.}} = 214334 \text{ Па};$$

$$M_{\text{в.}} = 2,21 \text{ кг/с}.$$

Розподіл температур в об'ємі розчину м'яся повинен бути рівномірним. Теплообмінник є достатньо габаритним, енерговитратним, тому важливо відслідкувати, якої довжини теплообмінника достатньо, щоб досягати заданих значень на виході з нього. Тому були проаналізовані температури продукту на вході в теплообмінник (рис.3.6), по ходу руху продукту (рис.3.7) і в останній секції (рис.3.8).

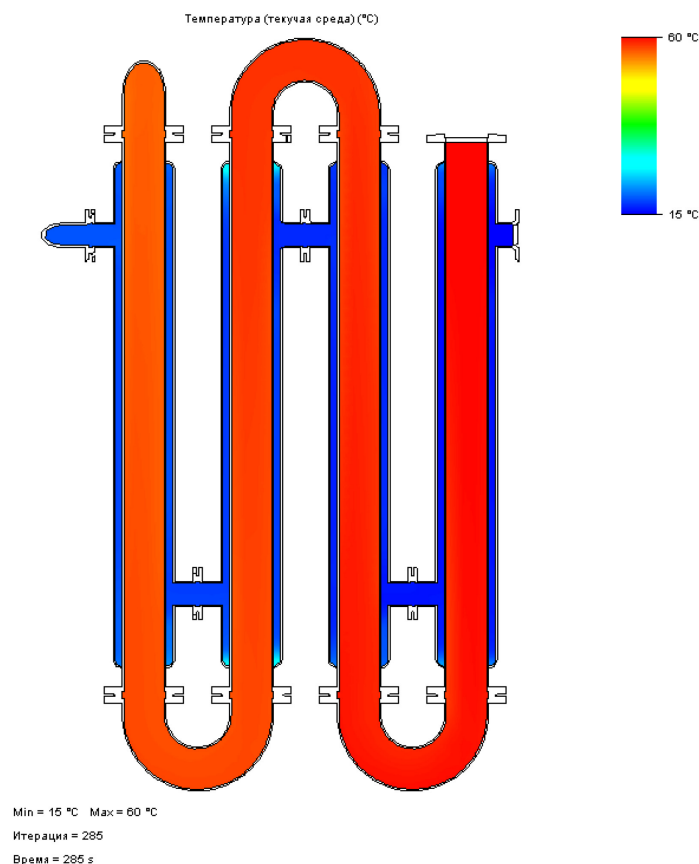


Рис. 3.6. Температура на початковій ділянці теплообмінника в перерізі

Для одного із розглянутих варіантів, при температурі розчину меляси на вході 60 °С, протягом руху в перших секціях вона знижується на 8% (до 55°С). При цьому температура охолоджуючого агента – води – збільшується на 3,5 °С – від 15 °С до 18,5 °С.

По мірі руху теплообмінником продукт достатньо інтенсивно охолоджується, що наглядно продемонстровано для кожної із секцій (рис.3.7). На вході температура становить 60 °С, в середній частині апарата 42 °С, і на виході 28,2 °С. Тривалість розглянутого процесу становить 285 с.

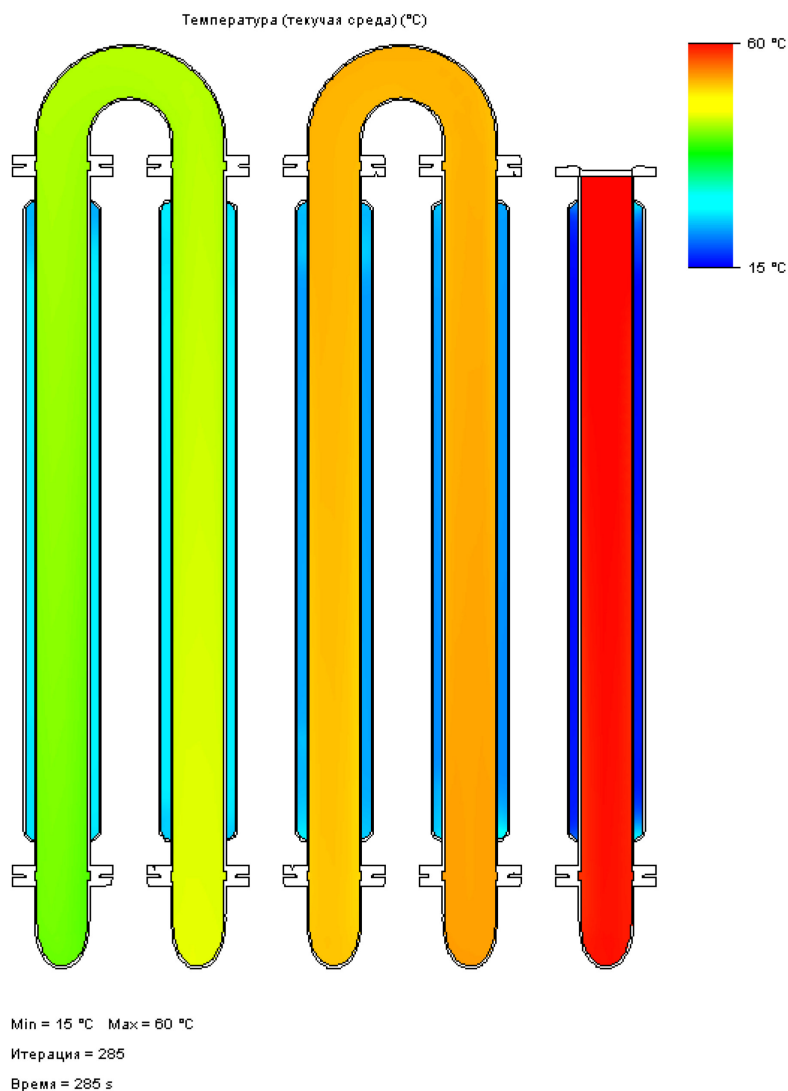
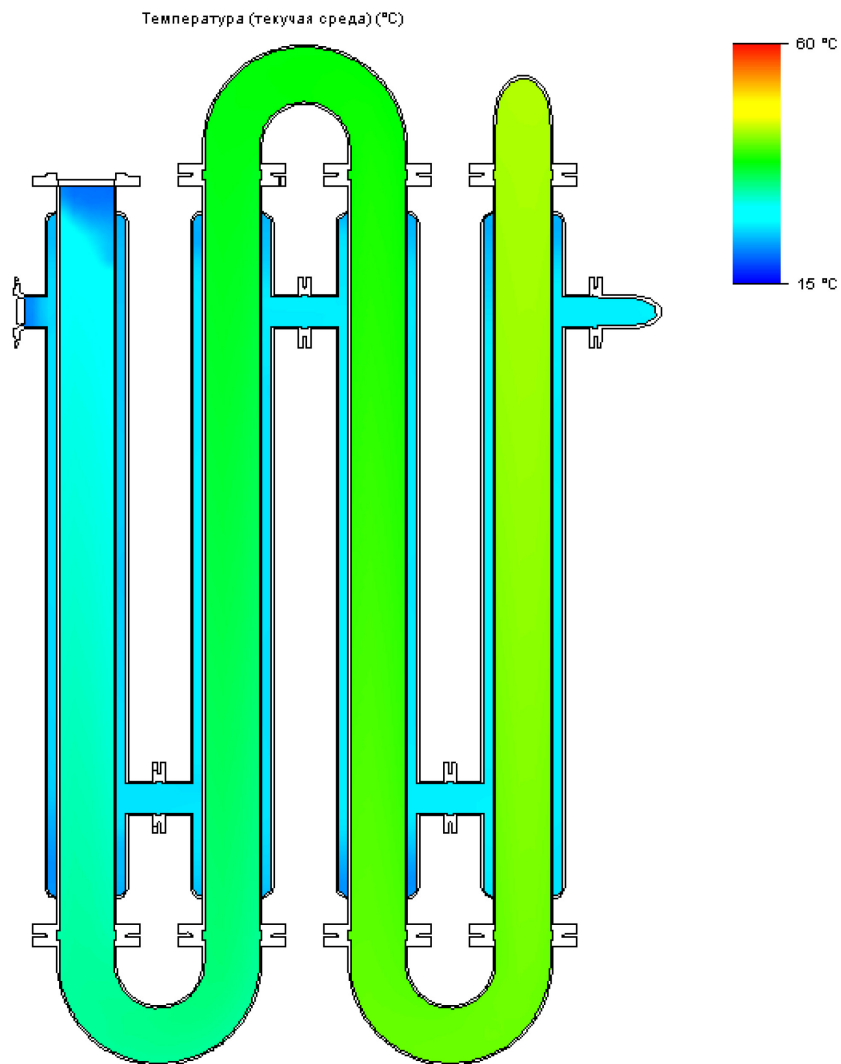


Рис.3.7. Зміна температури в кожній із п'яти секцій теплообмінника в перерізі (вид зверху)

Температура на виході з останньої секції теплообмінника досягає значень 28,2 °С (рис.3.8).



Min = 15 °C Max = 60 °C

Итерация = 285

Время = 285 s

Рис.3.8. Температура на кінцевій ділянці теплообмінника в перерізі

Розподіл температур у кожній із труб перерізу, від входу до виходу, як розчину м'яся, так і охолоджуючого агента, наведено на рис. 3.9, де більш наочно можна спостерігати за перебігом процесу охолодження.

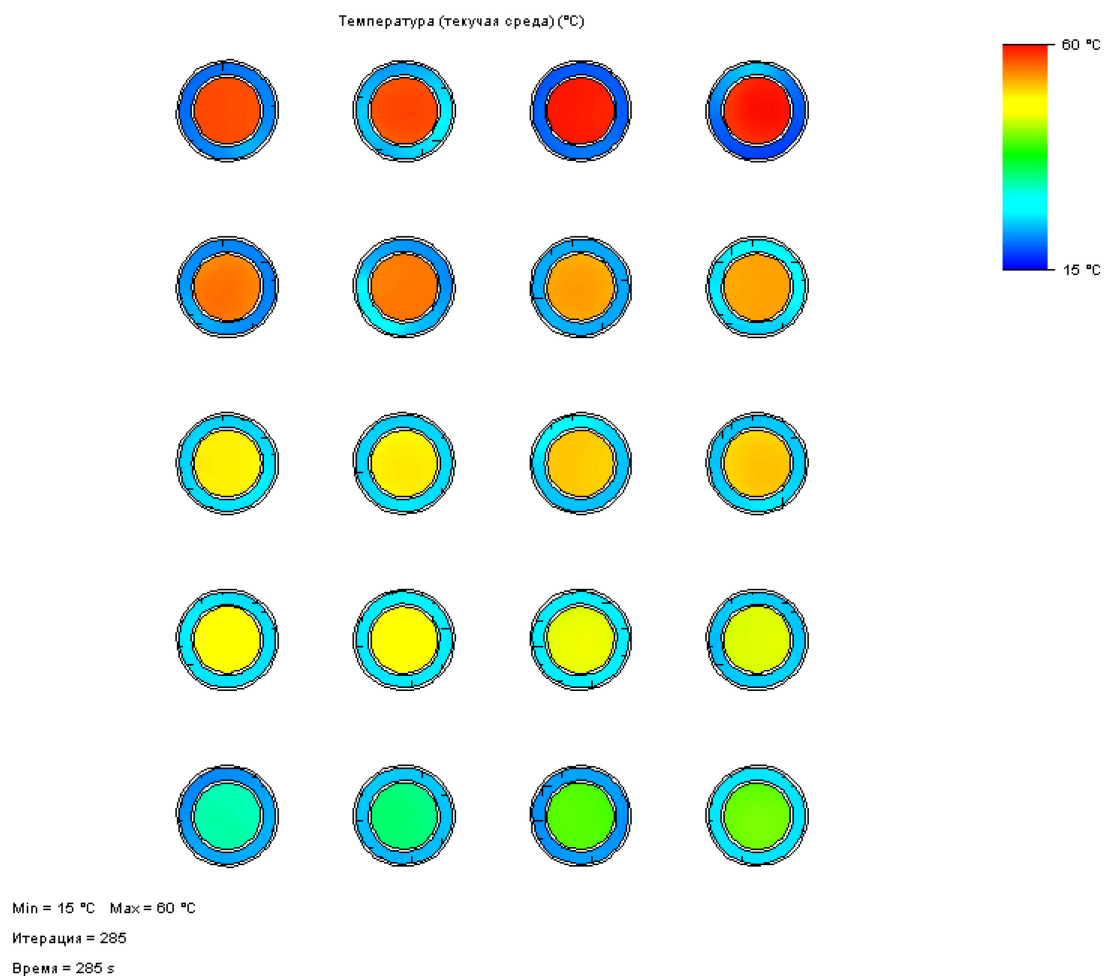


Рис.3.9. Зміна температури в кожній із 20 труб в перерізі (вид збоку)

Узагальнені результати у вигляді графічних залежностей, отримані за результатами проведення повного факторного експерименту, представлені на рис. 3.10. Всі залежності мають однаковий характер, при переході від секції до секції температури зменшуються. Наявність стрибків («сходинок») на графіках обумовлена зняттям показників температури вздовж осей прямолінійних ділянок труб і неможливістю фіксації цих даних вздовж криволінійних колін. За початкової температури продукту 60 °C задана температура продукту на виході 28 °C не досягається, за вхідної температури продукту 50 °C температура на виході нижча за потрібні значення.

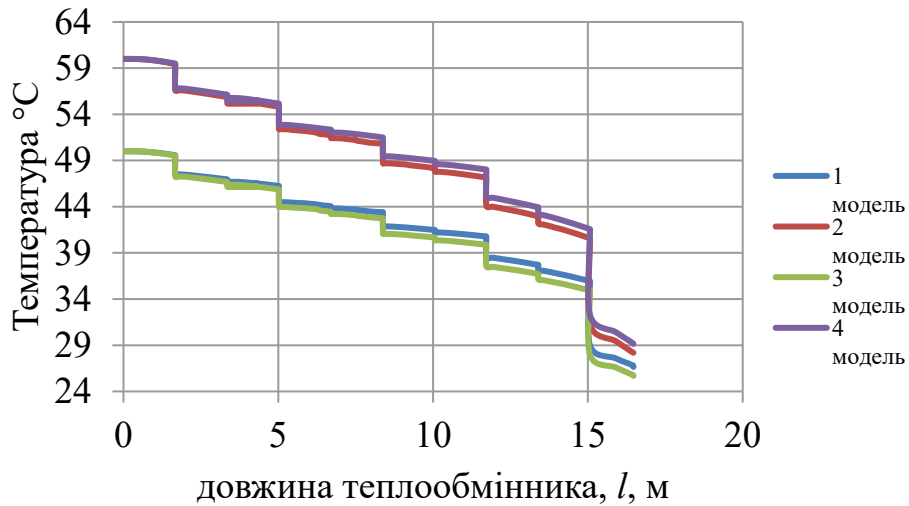


Рис.3.10. Зміна температури розчину м'яса вздовж всього трубопроводу

Температура охолоджуючого агента для всіх розглянутих варіантів зростає від початкових 15 °С до 24,5...27,8 (рис.3.11).

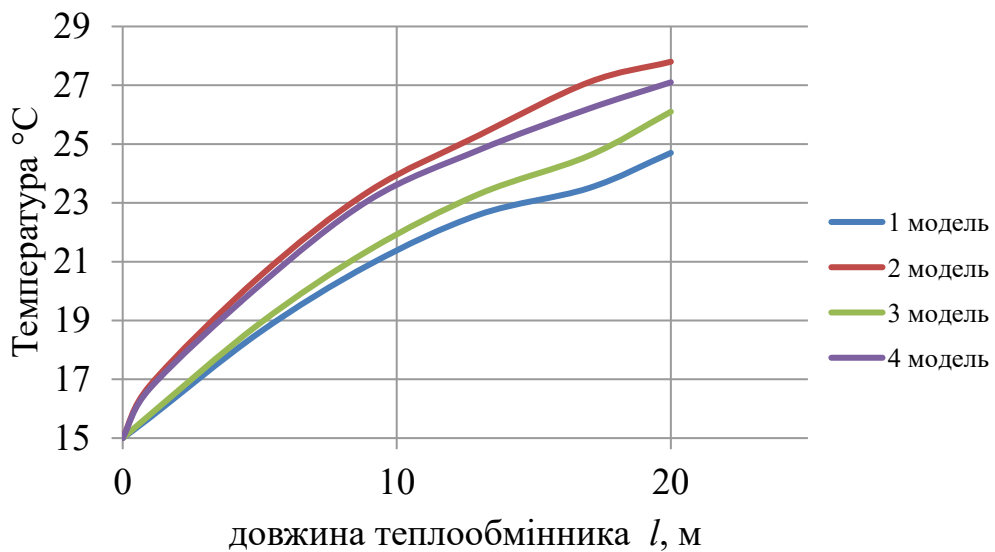


Рис. 3.11. Зміна температури охолоджуючої води вздовж всього трубопроводу

Для встановлення впливу вхідних параметрів (початкової температури продукту, його тиску) на цільову функцію – температуру розчину м'яса на виході, у програмі Excel виконані розрахунки (табл. 3.1) і побудовано рівняння регресії.

Таблиця 3.1. – Матриця планування і результати реалізації повного факторного експерименту.

N	X0	X1	X2	X1*X2	tвх, °C	P, Па	Результат1	Результат2	Результат3	середнє знач.	Дисперсія
1	1	-1	-1	1	50	186819	26,6	26,7	26,3	26,5	0,043333333
2	1	1	-1	-1	60	186819	27,9	27,6	28,2	27,9	0,09
3	1	-1	1	-1	50	237481	25,5	25,6	25,4	25,5	0,01
4	1	1	1	1	60	237481	29,1	29	29,4	29,2	0,043333333
	β_0	β_1	β_2								
	27,28	1,26	0,06	0,575							

Середня дисперсія результатів дорівнює $0,046666667$ ($^{\circ}\text{C}$)²

Середня дисперсія відтворюваності результатів $0,015555556$ ($^{\circ}\text{C}$)²

Дисперсія коефіцієнтів рівняння регресії $S_{bi}^2 = 0,003888889$.

При табличному значенні критерію Стьюдента $t=2,13$ умова для перевірки коефіцієнтів рівняння регресії має вид: $t \cdot \sqrt{S_{bi}^2} = 0,13282$

Таким чином, значимими є два з трьох коефіцієнтів рівняння регресії, і воно має вид:

$$y = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_1 + \beta_{12} \cdot x_1 \cdot x_2$$

$$y = 27,28 + 1,26 \cdot x_1 + 0,575 \cdot x_1 \cdot x_2$$

Для перевірки адекватності рівняння регресії у рівняння, з якого вилучені незначущі члени, підставляємо значення ± 1 , отримуємо результати:

Результат, °C
26,01667
28,53333
26,01667
28,53333

За таблицями знаходимо критерій Фішера при ступенях вільності 8 для однієї дисперсії і 2 для другої, тому табличний критерій Фішера=99,4.

Розрахунковий критерій Фішера 42,9. Оскільки умова $F_p < F_t = 42,9 < 99,4$ виконується, можна сказати, що отримане рівняння регресії процесу, який досліджується, є адекватним.

Після переходу із кодованих значень до натуральних і приведення подібних членів у програмі MathCAD отримуємо остаточне рівняння:

$$\left[\begin{array}{l} x_1 = \frac{(t_{вх} - 55)}{5} \\ x_2 = \frac{(P - 212150)}{25331} \\ [z = (27.28 + 1.26x_1 + 0.575 \cdot x_1 \cdot x_2)] \end{array} \right] \text{solve, } x_1, x_2, z \rightarrow (0.2 \cdot t_{вх} - 11.0 \quad 0.000039477320279499427579 \cdot P - 8.3751134972958035609$$

$$z \quad 0.0000045398918321424341716 \cdot P \cdot t_{вх} - 0.7111380521890174095 \cdot t_{вх} - 0.00024969405076783387944 \cdot P + 66.3925928703959$$

$$T_{пр.вих.} = 66.39 - 0.71 \cdot T_{пр.вх.} - 0.00025 \cdot P + 0.0000045 \cdot P \cdot T_{пр.вх.}$$

Для забезпечення потрібної витрати продукту і швидкості його руху потрібно задавати необхідні значення тиску і слідкувати, щоб тиск, створюваний насосом, був достатнім. Використання комп'ютерного моделювання дає можливість і прослідкувати втрати тиску по довжині і в місцевих опорах, необхідні для правильного підбору насосу. Як видно з рис.3.12, розподіл тиску є рівномірним як для продукту, так і для гріючого агента і становить відповідно 238,4 кПа і 109,1 кПа.

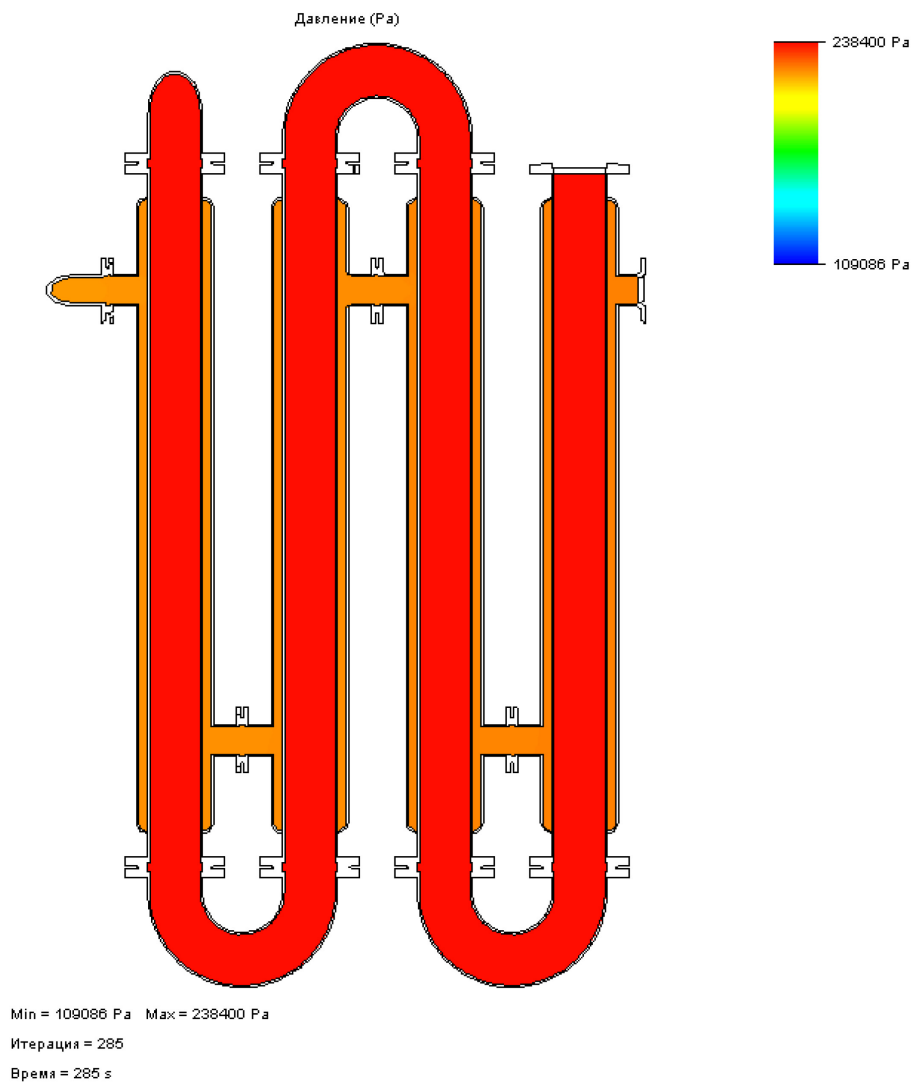


Рис.3.12. Тиск розчину меляси і охолоджуючого агента у трубах

Втрати тиску по довжині трубопроводу становлять 307 Па. Ця залежність з коефіцієнтом кореляції 0,987 апроксимована лінійним рівнянням

$$\Delta P = 237268 - 15,205 \cdot l .$$

З її використанням можна обчислити втрати тиску в теплообміннику при збільшенні або зменшенні кількості його секцій.

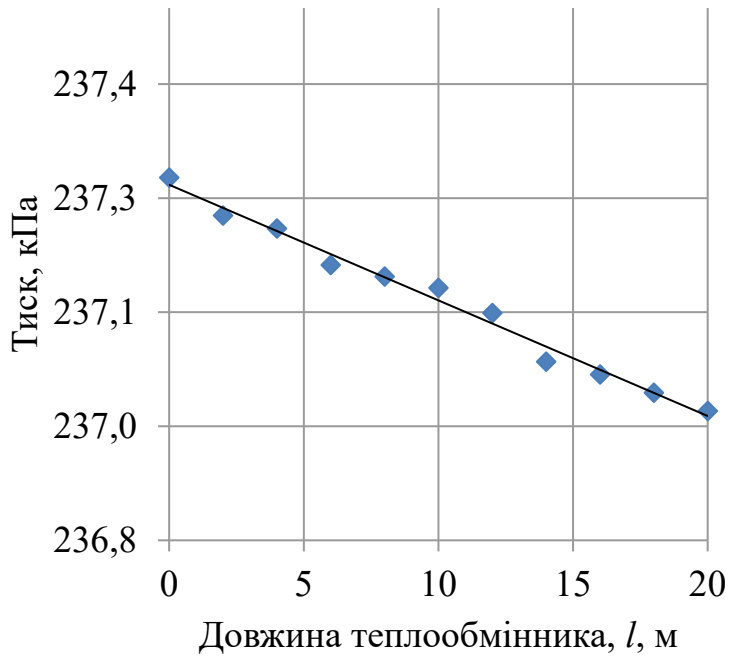


Рис.3.13. Втрати тиску в теплообміннику

Бажано проводити процеси теплового оброблення таким чином, щоб час перебування всіх часточок в апаратах був приблизно однаковий. Це означає, що їх швидкість повинна бути достатньо рівномірною. Розподіл швидкості в поперечному перерізі труби (рис.3.14) засвідчує, що профіль швидкості має параболічний характер, і основний потік розчину меляси рухається з достатньо рівномірною середньою швидкістю 0,17 м/с.

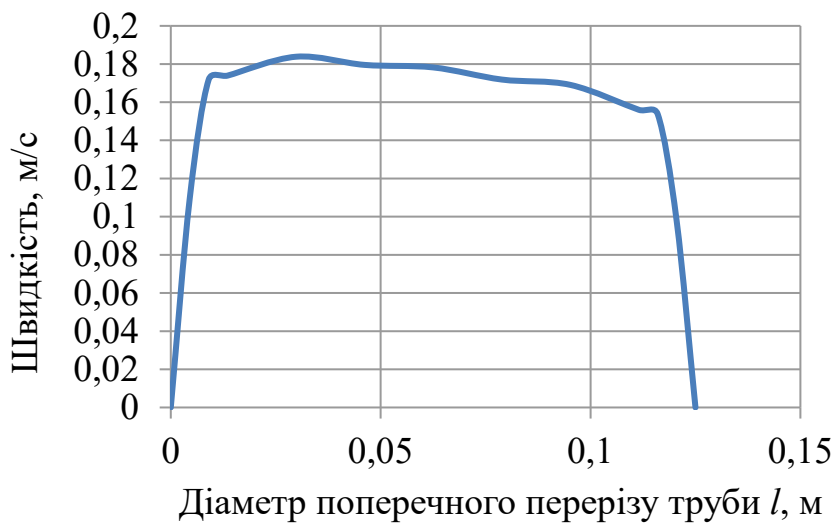


Рис.3.14. Зміна швидкості в поперечному перерізі трубопроводу продукту

Стабільні значення швидкості розчину м'яси й у поздовжньому перерізі (рис.3.15), тоді як для теплоагента в місцях перетоку з однієї труби в іншу спостерігається перепад швидкостей, максимальні значення яких становлять 1,3 м/с в місцях звуження перерізу потоку.

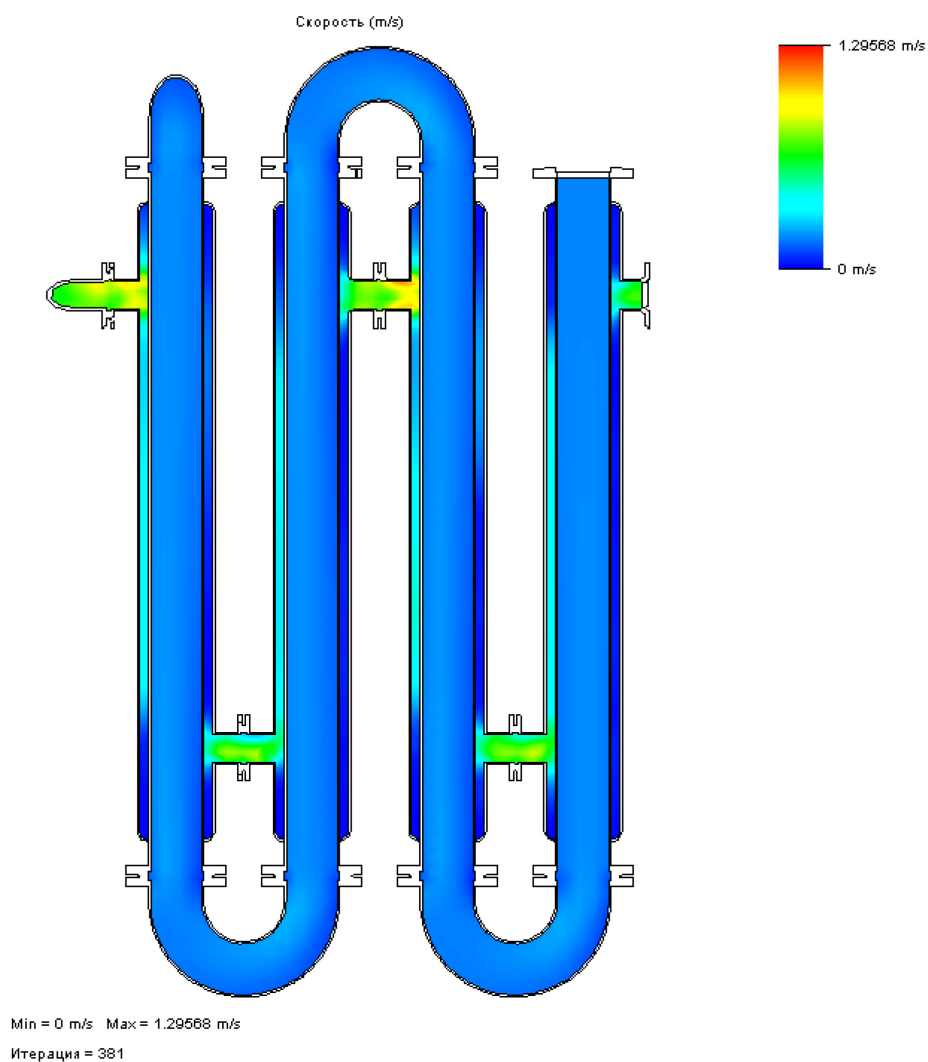


Рис.3.15. Розподіл швидкостей у поздовжньому перерізі теплообмінника

3.4. Аналіз напружено-деформованого стану елементів теплообмінника

В додатку SolidWorks Simulation проаналізовано напружено-деформований стан обладнання та визначені місця, які піддаються найбільшому впливу деформації під впливом надлишкового тиску (тиск потоку 0,25 МПа) та термічного оброблення (температура продукту 60°C).

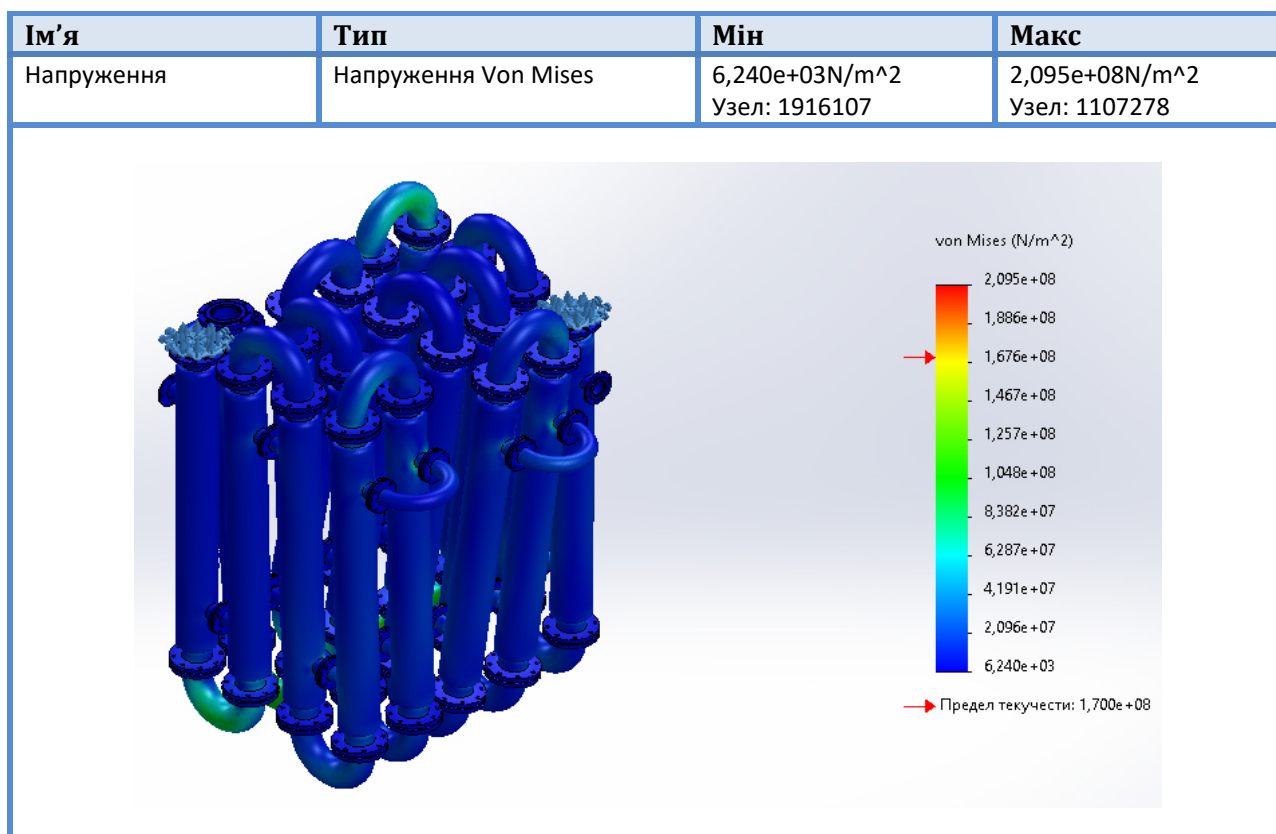


Рис.3.16. Напруження по Мізесу

Найбільш навантаженими ділянками виявилися місця зміни напрямку потоку (коліна, де протікає продукт, та коліна, де протікає охолоджувальна вода). Однак для обраного матеріалу деталей теплообмінника і товщини стінок еквівалентні навантаження не перевищують межі текучості рівної $1.700e^{+08}$ Па.

Аналогічна картина спостерігається і для розподілу деформації (рис. 3.17).

Ім'я	Тип	Мін	Макс
Деформація	ESTRN: Еквівалентна деформація	2,494e-08 Елемент: 608879	5,495e-04 Елемент: 586081

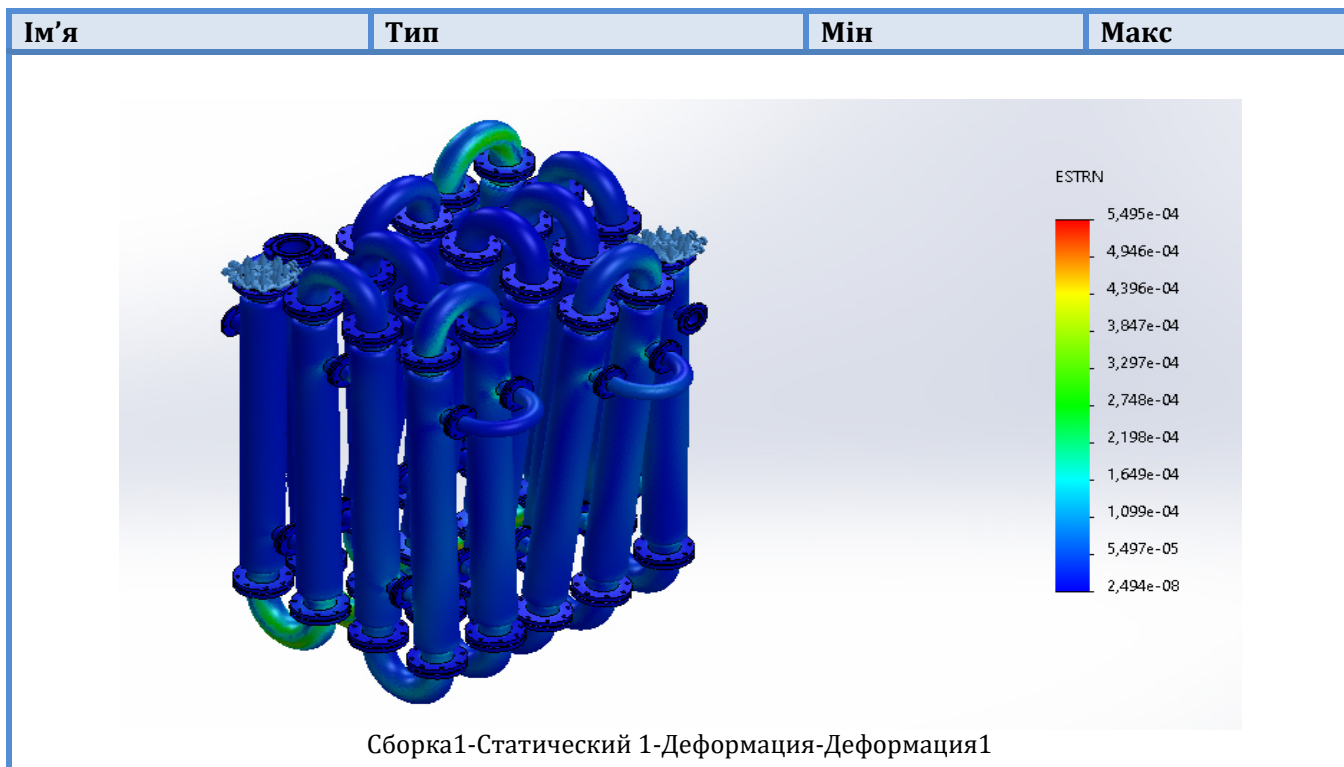


Рис.3.17. Еквівалентна деформація теплообмінника

РОЗДІЛ 4. БУДОВА І ПРИНЦИП РОБОТИ ОБЛАДНАННЯ, ЙОГО РОЗРАХУНКИ

4.1. Опис модернізованої машинно-апаратурної схеми

Модернізована установка безперервної стерилізації УНС – 25 складається із розсиропника 1, контактних головок 2 і 4, відцентрових насосів 2, місткісних витримувачів 6, паро-сепаратора 7, теплообмінника типу «труба в трубі» 8 і системи автоматичного регулювання параметрів процесу.

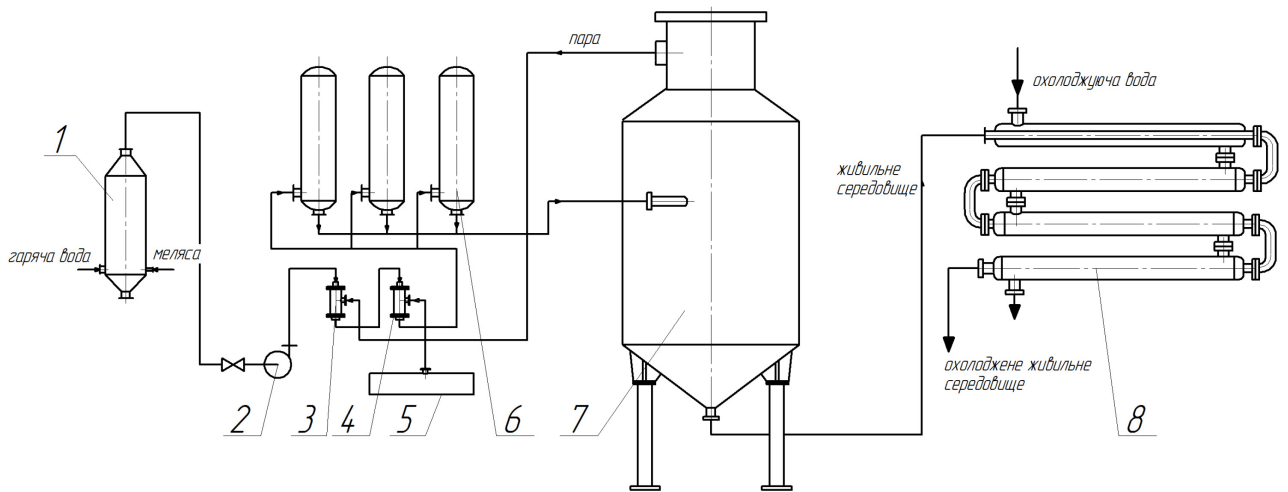


Рис. 4.1. Модернізована установка безперервної стерилізації УНС – 25

До початку роботи всі апарати, трубопроводи та арматура стерилізуються гострою парою. Водяна пара подається в контактну головку по обвідній лінії регулюючого клапана витрати пари, а потім у витримувач, паросепаратор і по обвідній лінії регулюючого клапана тиску – в охолоджувач. Одночасно відкриваються вентиля скидання конденсату і після досягнення у всій лінії температури не менше 120 градусів фіксується час початку стерилізації. Після закінчення стерилізації скидання конденсату закривається, включаються прилади автоматичного регулювання та встановлюється режим роботи УНС. Вентилі обвідних ліній перекриваються, і канали живильного середовища охолоджувача з'єднуються зі стерильним ферментатором.

Одночасно в охолоджувач подають охолоджуючу воду. Після досягнення стабільних значень тиску і температури, нестерильне середовище (меляса) і гаряча вода (температурою 45 градусів) надходить у розсиропник 1, в якому

відбувається тангенціальне змішування рідин. Отриманий сироп відцентровим насосом 2 зі швидкістю 3,5 м/с подається в екстрапарову контактну головку 3, що являє собою циліндричну посудину, всередині якої встановлена циліндрична вставка (форсунка) з 10 рядами по 13 отворів ($d=5\text{мм}$). Отвори двох верхніх рядів розташовані під кутом 45 градусів до вертикальної осі головки; отвори наступних рядів просвердлені під кутом 45 градусів і направлені по дотичній до корпусу вставки. При такому розташуванні отворів пар інжектуює масу та надає їй обертового руху, що забезпечує ретельне перемішування та нагрівання розсиропки.

Вхідна маса подається в головку через сопло, яке рівномірно нагріває масу до 60 градусів. Пара в головку подається по патрубку і через отвори вставки і насичує рухому масу.

Потім розсиропка рухається по трубопроводу до контактної головки гострої пари 4. Маса подається в контактну головку по патрубку і далі протікає у кільцевому зазорі; пара, яка подається по відповідним патрубкам, насичує шар розсиропки з двох сторін і нагріває його до 120 градусів. Таке підведення пари забезпечує швидке та рівномірне нагрівання рідкого поживного середовища.

З нагрівача середовище тангенціально подається в нижні патрубки місткісних витримувачів 6, всередині яких розташовані ряд секцій, які утворюють сполучені циліндричні камери. Після цього середовище подається в паро сепаратор 7. Пар, відібраний у паросепараторі, надходить в екстрапарову контактну головку 3. Після охолодження в теплообміннику типу «труба в трубі» 8, стерильне середовище надходить у ферментатор.

Установка оснащена контрольно-вимірювальними приладами, що забезпечують автоматичне регулювання процесу.

4.2. Будова і принцип роботи обладнання дільниці теплової обробки поживного середовища

4.2.1. Витримувач

Він призначений для продовження часу стерилізації й досягнення максимальної загибелі мікрофлори. Апарат може бути виконаний у вигляді циліндричної ємності, колони з паровою сорочкою.

Витримувач для поживного середовища, що містить вертикальний циліндричний корпус з знімним конічним днищем і кришкою, в нижній частині якого розташований відвідний патрубок, а у верхній частині три колони з'єднуються між собою через патрубки для вирівнювання тиску. Для забезпечення потрібної температури витримування апарат облаштований паровою сорочкою з двома патрубками для входу та виходу пари. Маса подається поступово з контактної головки в колони витримування за рахунок різного рівня маси і витримується при температурі 120°C протягом 15 хвилин.

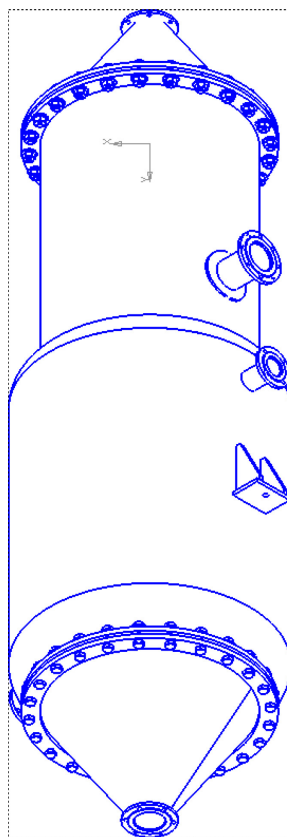


Рис. 4.2. Витримувач

4.2.2. Паросепаратор

Для сепарування пара і витримки розварювальної маси використовується паросепаратор.

Паросепаратор є суцільнозварною циліндричною посудиною зі знімним днищем і кришкою.

Маса через патрубок 3 надходить на кільцевий розподільник маси 9, діаметр якого менше діаметра корпусу, і зливається з нього, не торкаючись стінок корпусу. Днище паросепаратора захищено знімною гільзою.

З метою запобігання каплеуноса з вторинним паром в паросепараторі передбачений каплеуловлювач 6, конструкція якого забезпечує закручування і зміна напрямку потоку вторинної пари. Відведення маси здійснюється через нижній патрубок 1, а відвід пару через верхній патрубок 8. Паросепаратор забезпечений приладами контролю рівня маси та рівня тиску 7 також лазом 5.

З регулятора рівня маса безперервно надходить в паросепаратор, в якому, за рахунок падіння тиску і звільняється при цьому тепла, виділяється вторинний пар. Маса витримується протягом 15-20 хвилин, з метою прирівнювання можливої нерівномірності розварювання сировини.

При роботі паросепаратора він заповнюється масою на 30% від загального обсягу. Швидкість вторинного пара, віднесена до перетину паросепаратора, становить 0,3 м.с. Вторинна пара по принципу рекуперації повертається в першу контактну головку.

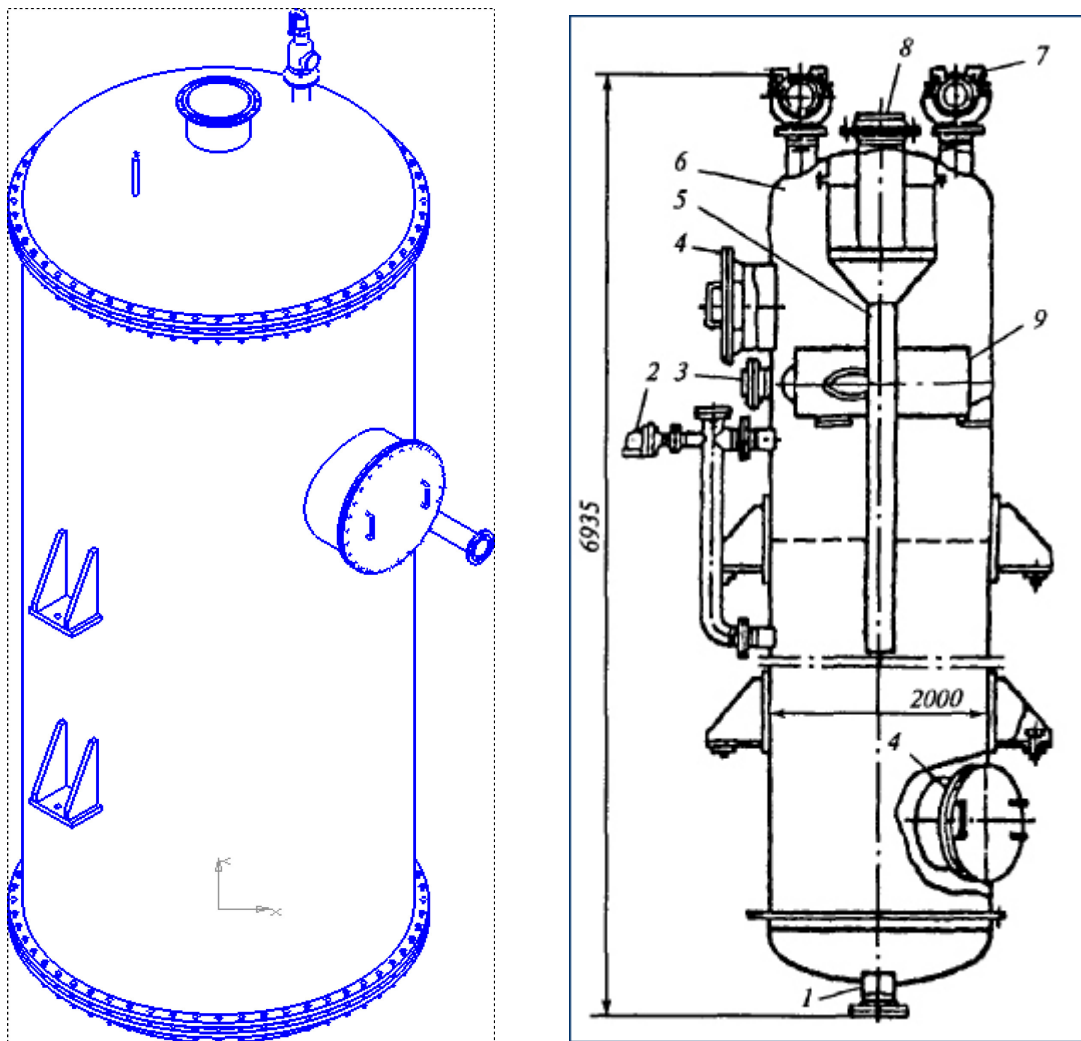


Рис. 4.3. Паросепаратор

4.2.2. Теплообмінник типу «труба в трубі»

Основним елементом теплообмінника даного типу є пристрій, що складається з двох труб, що мають різний діаметр.

Значна різниця в діаметрі дозволяє вставити одну трубу в іншу по поздовжній осі, залишаючи проміжок між стінками труб для вільного переміщення теплоносія. Підключення до системи забезпечує постійний пропуск протитечією оброблюваного продукту і гарячої води, пари або холодного розсолу.

Надійність роботи теплообмінників, виготовлених за типом труба в трубі, зручність їх експлуатації ґрунтується на таких факторах, як:

- компенсація температурних деформацій;
- щільність і міцність роз'ємних фланцевих з'єднань;

- зручність при технічному обслуговуванні агрегату.

Конструкція теплообмінника складається з кількох прямолінійних ділянок труб, розташованих один над одним. Внутрішні труби з меншим діаметром послідовно з'єднані один з одним дугами в півколо (перехідними каналами), які кріпляться фланцевим з'єднанням. З'єднання зовнішніх труб виконується спеціальними патрубками, дозволяють продукту вільно переміщатися по секції.

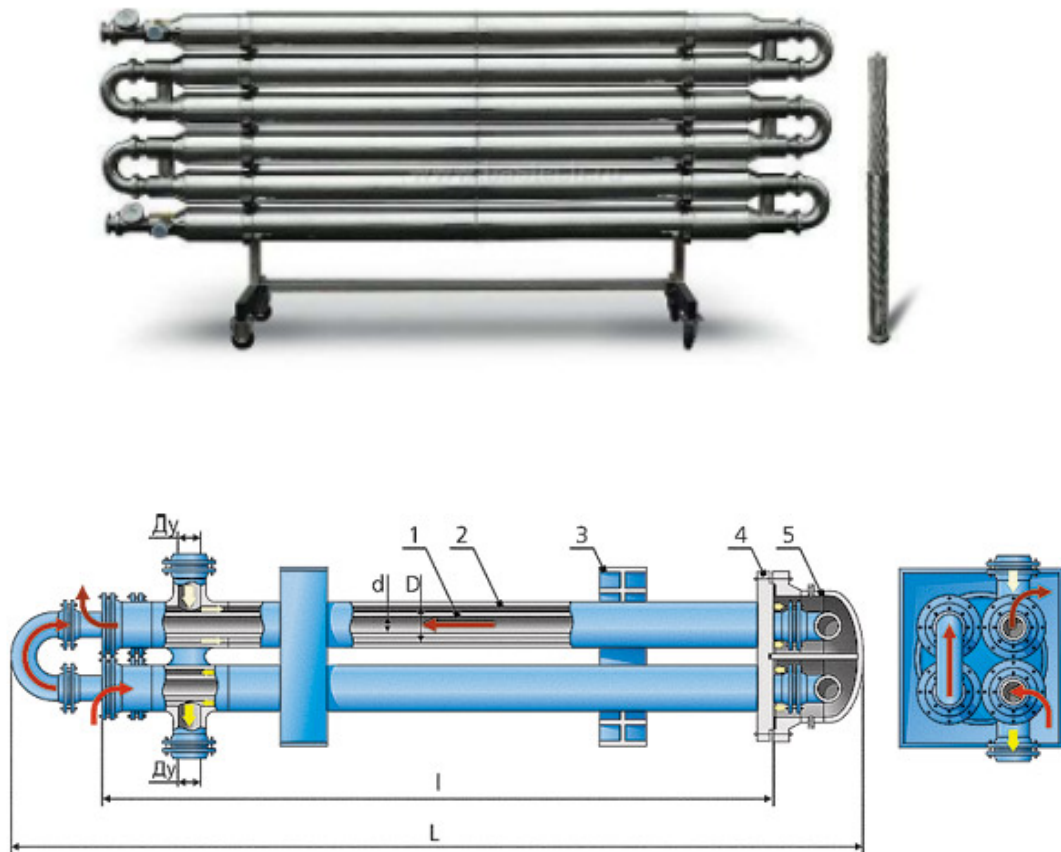


Рис. 4.4. Теплообмінник типу «труба в трубі»

1 – труба теплообмінна; 2 – труба кожух; 3 – опори; 4 – решітка кожухових труб; 5 - камера

4.3. Розрахункова частина

Дано:

Продуктивність установки по живильному, рідинному середовищі:

$$V = 25 \text{ м}^3 / \text{год} = 6,9 * 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Масова концентрація розчину:

$$K_p = 10\%$$

Густина розчину при $K_p = 10\%$ рівна:

$$\rho_p = 1040 \text{ кг/м}^3$$

Маса розчину рівна:

$$G_p = V * \rho_p = 6,9 * 10^{-3} * 1040 = 7.176 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Параметри екстрапари:

Тиск пари – $P=0,02$ МПа; густина - $\rho_{п} = 0,1284$ кг/м³;

$i_{п} = 2609$ кДж/кг; $i_{к} = 250$ кДж/кг.

Параметри гострої пари:

Тиск пари – $P=0,3$ МПа; густина - $\rho_{п} = 1,621$ кг/м³;

$i_{п} = 2724$ кДж/кг; $i_{к} = 559$ кДж/кг.

Теплоємність розчину:

$$C_{p1} = C_w * (1 - 0.097) + C_M * 0.097 = 4.19 * (1 - 0.097) + 2.68 * 0.097 = 4.04 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} * \text{град}}$$

4.3.1. Розрахунок колон витримування

Визначаємо повний об'єм колон витримування:

$$V_K = (V + D_1 + D_2) * \frac{\tau_e}{\varphi_3} = \frac{(7,176 + 0,24 + 0,83) * 900}{1034,8 * 0,85} = 8,44 \text{ м}^3$$

де: $D_1 = \frac{Q_1}{i_{II} - i_K} = \frac{565}{2609 - 250} = 0,24 \frac{\text{кг}}{\text{с}} = 864 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$ - витрати пари в

екстрапаровій головці;

$$Q_1 = G_{II} * C_p * (t_2 - t_p) = 7,176 * 4,04 * (60 - 40,5) = 565 \frac{\text{кДж}}{\text{с}}$$
 - витрати тепла

для підігрівання розчину в екстрапаровій контактній головці;

$$D_2 = \frac{(G_{II} + D_1) * C_{p1} * (t_3 - t_2)}{i_{II} - i_K} = \frac{7,416 * 4,04 * (120 - 60)}{2724 - 559} = 0,83 \frac{\text{кг}}{\text{с}} = 2989 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$$

витрати пари в контактній головці гострої пари;

$\tau_e = 900$ с - час витримування;

$\varphi_3 = 0,85$ - коефіцієнт заповнення;

$\rho_{\text{розл}} = 1034,8 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ - густина розчину з конденсованою парою.

Об'єм однієї колони витримування:

$$V_{K1} = \frac{V_K}{z} = \frac{8,44}{3} = 2,8 \text{ м}^3$$

При співвідношенні діаметра колони до висоти $D : H = 1 : 4,5$

Визначаємо діаметр колони:

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 * V_{K1}}{\pi * 4,5}} = \sqrt[3]{\frac{4 * 2,8}{3,14 * 4,5}} = 0,9 \text{ м}$$

Визначаємо висоту циліндричної частини колони:

$$H=4.5*D=4.5*0,9=4 \text{ м}$$

Тиск створений висотою розчину:

$$\Delta P_p = 1*10^{-4} \rho_p * H = 1*10^{-4} * 1040 * 4 = 0.42 \text{ МПа}$$

Загальний тиск:

$$\Delta P = \Delta P_H + \Delta P_p = 0,2 + 0,42 = 0.62 \text{ МПа}$$

Визначаємо зовнішню поверхню колони:

$$F_{K1} = \pi * D * H + \frac{\pi D^2}{4} = 3.14 * 0,9 * 4 + \frac{3.14 * 0,9^2}{4} = 11,94 \text{ м}^2$$

Розрахунок обичайок:

Товщину тонкостінних обичайок, що працюють під внутрішнім надлишковим тиском Р, МПа, розраховують за формулою

$$\delta = \frac{\Delta P * D}{2 * \varphi * \sigma_D} + C_K + C_{окр} = \frac{0,62 * 0,9}{2 * 1,97 * 10^5 * 0,9} + 3,5 = 5,0 \text{ мм}$$

де D – внутрішній діаметр обичайки, м; σ_D – допустиме напруження на розтяг для матеріалу обичайки, МПа; $C_{окр}$ – додаток на округлення товщини до номінального розміру, м.

Коефіцієнт φ враховує послаблення обичайки внаслідок зварного шва та наявності неукріплених отворів. Якщо неукріплених отворів немає, то $\varphi = 0,7 \dots 1,0$ залежно від типу зварного шва.

Коефіцієнт послаблення обичайки отвором розраховують за рівнянням

$$\varphi_0 = (D_{вн} - d_0) / D_{вн} = (0,9 - 0,135) / 0,9 = 0,85$$

де $D_{вн}$, d_0 – відповідно внутрішній діаметр обичайки і діаметр отвору, м.

Отвори найчастіше укріплюють приварюванням кільця. Розміри привареного кільця можна вибрати зі співвідношень $D_k \leq 2d; b > 2\delta_1; \delta_1 \geq 2\delta$ де D_k зовнішній діаметр укріплювального кільця; d – внутрішній діаметр кільця; b – ширина кільця; δ - товщина обичайки; δ_1 - товщина кільця.

Ізоляційний розрахунок

За правилами протипожежної безпеки максимальна температура поверхні апарата не повинна перевищувати 40°C . Температура повітря у цеху повинна бути в межах, $24 \dots 22^\circ\text{C}$

Число Грасгофа – критерій подібності при конвективному переносі теплоти визначається як:

$$Gr = \frac{g \cdot H_{BA}^3 \cdot \Delta t \cdot \beta}{\nu^2} = \frac{9.8 \cdot 4 \cdot 105 \cdot 0.035}{20.7 \cdot 10^{-6}} = 115578790$$

де Δt - середній температурний напір між поверхнею і повітрям;

β - коефіцієнт температурного розширення повітря;

ν - кінематичний коефіцієнт в'язкості повітря;

H_{BA} - повна висота випарного апарата.

При температурі повітря $t = 15^\circ\text{C}; \nu = 20.7 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 / \text{с}$

$$\Delta t = t_n - t_{нов} = 120 - 15 = 105^\circ\text{C}.$$

Визначається критерій подібності при теплопереносі (число Прандтля), який при температурі повітря 15°C дорівнює $Pr = 0,704$.

Визначається добуток $Pr \cdot Gr$.

$$Pr \cdot Gr = 115578790 \cdot 0,704 = 81367468$$

При $Pr \cdot Gr < 1 \cdot 10^9$ – рух повітря ламінарний і критеріальне рівняння Нусельта має вид:

$$Nu = 0.54(Gr \cdot Pr)^{0.25} = 0.54 \cdot 94.97 = 51.3$$

Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією:

$$\alpha_K = \frac{Nu \cdot \lambda_n}{H_{BA}} = \frac{51.3 \cdot 2.488}{4} = 31.5 \text{ Вт} / \text{м}^2 \text{ К}$$

де λ_n - коефіцієнт теплопередачі повітря, Вт/(м·град) ;

Коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням:

$$\alpha_B = c \cdot \beta_m = 4.27 \cdot 1.62 = 6.9 \text{ Вт} / \text{м}^2 \text{ К}$$

де c - константа випромінювання, $c = 4,27$;

β_m - температурний коефіцієнт.

$$\beta_m = \frac{\left(\frac{273 + t_n}{100}\right)^4 - \left(\frac{273 + t_{ноо}}{100}\right)^4}{t_n - t_{ноо}} = \frac{238,54 - 68,79}{105} = 1,62$$

Сумарний коефіцієнт тепловіддачі:

$$\alpha_c = \alpha_B + \alpha_K = 31,5 + 6,9 = 38,4 \text{ Вт} / \text{м}^2 \text{ К}$$

Визначаємо втрати тепла поверхнею колони:

$$\begin{aligned} Q_{K1} &= \alpha_c \cdot F_{K1} \cdot (t_{CT} - t_{II}) = 38,4 \cdot 11,94 \cdot (120 - 15) = 45634,7 \text{ Вт} = \\ &= 45,6 \text{ кВт} \end{aligned}$$

Вибираємо пару при тиску $P=0,3$ МПа, що подається в сорочку підігрівання колони, її витрати становлять:

$$D_3 = \frac{Q_{K1}}{i_{II} - i_K} = \frac{45,6}{2724 * 559} = 0,021 \frac{кг}{с} = 75,6 \frac{кг}{год}$$

Об'ємні витрати пари:

$$V_3 = \frac{D_3}{\rho_{II}} = \frac{0.021}{1.621} = 0.013 \frac{м^3}{с} = 46,6 \frac{м^3}{год}$$

Коефіцієнт тепловіддачі від конденсуючої пари до поверхні апарата:

$$\alpha_1 = 13300 \frac{Вт}{м^2 К}$$

Коефіцієнт тепловіддачі від поверхні апарата до розчину:

$$\alpha_2 = 120 \frac{Вт}{м^2 К}$$

Коефіцієнт теплопровідності сталі:

$$\lambda_{ст} = 46,5 \frac{Вт}{мК}$$

Коефіцієнт теплопередачі:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{13300} + \frac{0,005}{46,5} + \frac{1}{120}} = 117,4 \frac{Вт}{м^2 К}$$

Поверхня підігрівання розчину в колоні:

$$F_{K2} = \frac{Q_{K1}}{K * \Delta t_{cp}} = \frac{45,6 * 10^3}{117,4 * 105} = 3,7 м^2$$

Висота парової сорочки колони:

$$h_{p1} = \frac{F_{k1}}{\pi D} = \frac{3,7}{3.14 * 0,9} = 1,3 м$$

4.3.2. Розрахунок паросепаратора:

Складаємо матеріальний та тепловий баланси паросепаратора:

$$\begin{aligned}G_{зам} &= G_p + D_1 + D_2 - E \\G_{зам} * C_p * t_5 + E * i_E &= G_p * C_p * t_1 + (D_1 + D_2) * C_W * t_4 \\E &= \frac{G_{зам} * C_p * (t_4 - t_5) + (D_1 + D_2) * (C_W - C_p) * (t_4 - t_5)}{i_E - C_p * t_5} = \\&= \frac{7.176 * 4.04 * (120 - 60) + (0.24 + 0.83) * (4.19 - 4.04) * (120 - 60)}{2644 - 4.04 * 60} = \\&= 0.728 \frac{к\mathcal{Z}}{с} = 2621 \frac{к\mathcal{Z}}{год}\end{aligned}$$

Визначаємо об'ємні витрати екстрапари:

$$V_5 = \frac{E}{\rho_5} = \frac{0.728}{0.1284} = 5.7 \frac{м^3}{с}$$

Визначаємо повний об'єм паросепаратора:

$$V_k = (V + D_1 + D_2) * \frac{\tau_e}{\varphi_3} = \frac{(7,176 + 0,24 + 0,83) * 1200}{1034,8 * 0,3} = 32 м^3$$

де: $D_1 = \frac{Q_1}{i_{II} - i_K} = \frac{565}{2609 - 250} = 0,24 \frac{к\mathcal{Z}}{с} = 864 \frac{к\mathcal{Z}}{год}$ - витрати пари в екстрапаровій головці;

$Q_1 = G_{II} * C_p * (t_2 - t_p) = 7.176 * 4.04 * (60 - 40.5) = 565 \frac{кДж}{с}$ - витрати тепла для підігрівання розчину в екстрапаровій контактній головці;

$$D_2 = \frac{(G_{II} + D_1) * C_{p1} * (t_3 - t_2)}{i_{II} - i_K} = \frac{7,416 * 4,04 * (120 - 60)}{2724 - 559} = 0,83 \frac{к\mathcal{Z}}{с} = 2989 \frac{к\mathcal{Z}}{год} -$$

витрати пари в контактній головці гострої пари;

$\tau_e = 1200$ с - час витримування;

$\varphi_3 = 0,3$ - коефіцієнт заповнення;

$\rho_{роз1} = 1034,8 \frac{к\mathcal{Z}}{м^3}$ - густина розчину з конденсованою парою.

Приймаємо діаметр паросепаратора: $D = 2,5 \text{ м}$

Визначаємо висоту паросепаратора:

$$H = \frac{V_{II} \cdot 4}{\pi \cdot D^2} = \frac{32 \cdot 4}{3,14 \cdot 2,5^2} = 6,5 \text{ м}$$

Тиск створений висотою розчину:

$$\Delta P_p = 1 \cdot 10^{-4} \rho_p \cdot H = 1 \cdot 10^{-4} \cdot 1040 \cdot 6,5 = 0,68 \text{ МПа}$$

Загальний тиск:

$$\Delta P = \Delta P_H + \Delta P_p = 0,2 + 0,68 = 0,88 \text{ МПа}$$

Розрахунок обичайок:

Товщину тонкостінних обичайок, що працюють під внутрішнім надлишковим тиском P , МПа, розраховують за формулою

$$\delta = \frac{\Delta P \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot \sigma_D} + C_K + C_{окр} = \frac{0,88 \cdot 2,5}{2 \cdot 0,9 \cdot 1,97 \cdot 10^5} + 3,5 = 8,0 \text{ мм}$$

де D – внутрішній діаметр обичайки, м; σ_D – допустиме напруження на розтяг для матеріалу обичайки, МПа; $C_{окр}$ – додаток на округлення товщини до номінального розміру, м.

Коефіцієнт φ враховує послаблення обичайки внаслідок зварного шва та наявності неукріплених отворів. Якщо неукріплених отворів немає, то $\varphi = 0,7 \dots 1,0$ залежно від типу зварного шва.

Коефіцієнт послаблення обичайки отвором розраховують за рівнянням

$$\varphi_0 = (D_{вн} - d_0) / D_{вн} = (0,9 - 0,135) / 0,9 = 0,85$$

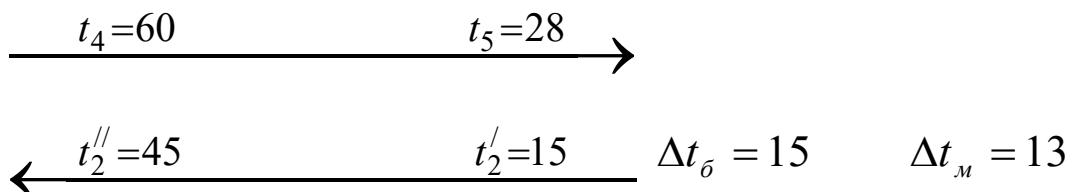
де $D_{вн}$, d_0 – відповідно внутрішній діаметр обичайки і діаметр отвору, м.

Отвори найчастіше укріплюють приварюванням кільця. Розміри привареного кільця можна вибрати зі співвідношень $D_K \leq 2d; b > 2\delta_1; \delta_1 \geq 2\delta$ де D_K зовнішній діаметр укріплюючого кільця; d – внутрішній діаметр кільця; b – ширина кільця; δ – товщина обичайки; δ_1 – товщина кільця.

4.3.3. Розрахунок трубчатого теплообмінника (охолоджувача)

Трубчатий теплообмінник призначений для охолодження розвареної маси від температури 60°C до температури 28°C за допомогою холодної води 15°C та 45°C.

Складаємо схему руху розчину та охолоджуваної води.



Визначаємо: середню температуру продукту $t_2 = \frac{t_{2n} + t_{2к}}{2} = \frac{60 + 28}{2} = 44^{\circ}C$;

Середню температуру води $t_1 = \frac{t_{1n} + t_{1к}}{2} = \frac{15 + 45}{2} = 30^{\circ}C$;

Середню температуру стінки – поверхні теплообміну

$$t_{cm} = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{44 + 30}{2} = 37^{\circ}C .$$

Тепловий розрахунок. Кількість тепла, що виділяється від розчину в трубчатому теплообміннику:

$$Q_4 = G_P \cdot C_P \cdot (t_4 - t_5) = (7.176 - 0.728) \cdot 4.04 \cdot (60 - 28) = 833.6 \text{ кВт}$$

Визначаємо витрати води, що подається на трубчатий теплообмінник:

$$M = \frac{Q_4}{C_W \cdot (t_{1n} - t_{1к})} = \frac{833.6}{4.19 \cdot (45 - 15)} = 6.63 \frac{\text{кг}}{\text{с}} = 23874 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$$

Середній температурний напір $\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\delta} + \Delta t_{м}}{2} = \frac{15 + 13}{2} = 14^{\circ}C$

Розрахунок коефіцієнта теплопередачі.

Задаємо наближене значення швидкості руху продукту у внутрішній трубі апарата з урахуванням рекомендованих вимог забезпечення турбулентності цього потоку $\omega_2 = 0,5 \text{ м/с}$.

Внутрішній діаметр внутрішньої труби

$$d_{2B} = \sqrt{\frac{m}{0.785 \rho \omega}} = \sqrt{\frac{6.448}{0.785 \cdot 1040 \cdot 0.5}} = 0.125 \text{ м.}$$

де m – витрата рідини, кг/с; w – швидкість руху рідини в трубі, м/с; ρ – густина рідини, кг/м³.

Уточнене значення швидкості руху продукту за рівнянням

$$\omega_2 = \frac{m}{0.785 \rho d_{2e}^2} = \frac{6,448}{0,785 \cdot 1040 \cdot (0,125)^2} = 0,505 \text{ м/с.}$$

Критерій Рейнольдса для потоку продукту за формулою

$$Re_2 = \frac{w \rho d}{\mu} = \frac{0.505 \cdot 0.125 \cdot 1040}{5 \cdot 10^{-3}} = 13130$$

Задаємо наближене значення швидкості руху води в міжтрубному кільцевому каналі з урахуванням рекомендованих вимог забезпечення турбулентності цього потоку $\omega_2 = 0,6 \text{ м/с}$.

Внутрішній діаметр зовнішньої труби

$$D_B = \sqrt{\frac{m_1}{0.785 \rho \omega} + d_{23}^2} = \sqrt{\frac{6,63}{0.785 \cdot 996 \cdot 0.6} + (0,135)^2} = 0.18 \text{ м.}$$

Уточнення швидкості руху води в міжтрубового кільцевого каналу

$$\omega = \frac{m_1}{0.785 \rho (D_B^2 - d_{23}^2)} = \frac{6,63}{0,785 \cdot 996 \cdot (0,18^2 - 0,135^2)} = 0,598 \text{ м/с.}$$

Еквівалентний діаметр потоку води в кільцевому каналі

$$D_e = D_B - d_3 = 0,18 - 0,135 = 0,045 \text{ м.}$$

Критерій Рейнольдса для потоку води в кільцевому каналі за формулою

$$Re_1 = \frac{wlp}{\mu} = \frac{0,598 \cdot 0,18 \cdot 996}{800,7 \cdot 10^{-6}} = 133895$$

Критерій Нуссельта для потоку продукту за формулою

$$Nu_2 = 0,021 \cdot Re^{0,8} Pr^{0,43} (Pr/Pr_{cm})^{0,25} = 0,021 \cdot 13130^{0,8} \cdot 5,26^{0,43} \left(\frac{5,26}{6,38} \right)^{0,25} = 80,52$$

Критерій Нуссельта для потоку води за формулою

$$Nu_1 = 0,021 \cdot Re^{0,8} Pr^{0,43} (Pr/Pr_{cm})^{0,25} = 0,021 \cdot 133895^{0,8} \cdot 5,418^{0,43} \left(\frac{5,418}{4,613} \right)^{0,25} = 571,01$$

Коефіцієнт тепловіддачі від внутрішньої поверхні стінки внутрішньої труби до початку продукту

$$\alpha_2 = \frac{Nu \cdot \lambda}{l} = \frac{80,52 \cdot 0,5809}{0,125} = 374,2 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

Коефіцієнт тепловіддачі від води до зовнішньої стінки внутрішньої труби

$$\alpha_1 = \frac{Nu \cdot \lambda}{l} = \frac{571,01 \cdot 0,618}{0,18} = 1960,5 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

Коефіцієнт теплопередачі за умови відсутності забруднень на поверхні теплообміну

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{1960,5} + \frac{5 \cdot 10^{-3}}{17,5} + \frac{1}{374,2}} = 1700 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

Визначаємо поверхню теплообміну

$$F = \frac{Q_4}{K * \Delta t_{cp}} = \frac{833.6 \cdot 10^3}{1700 \cdot 14} = 35 \text{ м}^2$$

Конструктивний розрахунок. Загальна довжина коаксіальних труб

$$L_0 = \frac{F}{\pi d_3} = \frac{35}{3,14 \cdot 0,125} = 89,12 \text{ м.}$$

Кількість елементів коаксіальних труб

$$n_{mp} = \frac{L_0}{l} = \frac{89,12}{1,5} = 60$$

де l – довжина кожухових труб, м ($l = 1,5; 3,0; 4,5; 6; 9; 12$ м).

Кількість секцій по горизонталі $n = 4$.

Кількість елементів по вертикалі в кожній секції

$$n_c = \frac{n_{mp}}{n} = \frac{60}{4} = 15$$

Кількість «калачів» у кожній секції

$$n_k = n_c - 1 = 15 - 1 = 14$$

Загальна кількість «калачів» у n секціях

$$n_{k.заг} = n_k n = 14 \cdot 4 = 56$$

Загальна кількість «калачів», що з'єднують секції

$$n_k = n - 1 = 4 - 1 = 3$$

Відстань між осями елементів у секціях

$$h_1 = 2D_3 = 2 * 0,19 = 0,38 \text{ м}$$

$$\text{де } D_3 = D_B + 2\delta_{ст} = 0,18 + 2 * 0,005 = 0,19$$

Довжина потоку продукту в одному «калачі»

$$l_k 0,5\pi h = 0,5 \cdot 3,14 \cdot 0,38 = 0,6 \text{ м}$$

Загальна довжина шляху руху потоку продукту від входу до виходу з апарата

$$L'_2 = (n'_{к.заг} + n_k) l_k + L_0 = (56 + 3) \cdot 0,6 + 89,12 = 124,52 \text{ м}$$

Конструктивна загальна довжина шляху руху продукту від входу до виходу з апарату

$$L_2 = 1,03 L'_2 = 128,3 \text{ м}$$

Кількість патрубків, що з'єднують елементи однієї секції,

$$m = n_c - 1 = 15 - 1 = 14$$

Кількість патрубків, що з'єднують секції,

$$m_{II} = n - 1 = 4 - 1 = 3$$

Довжина одного з'єднувального патрубка

$$l_n = D_3 = 0,19 \text{ м}$$

Загальна довжина з'єднувальних патрубків в апараті

$$L_{II} = l_n (mn + m_{II}) = 0,19(14 \cdot 4 + 3) = 11,21 \text{ м}$$

Загальна довжина шляху руху потоку води від входу до виходу з апарату

$$L'_1 = L_0 + L_{II} = 89,12 + 11,21 = 100,33 \text{ м}$$

Конструктивна загальна довжина шляху руху потоку води від входу до виходу з апарата

$$L_1 = 1,03 L'_1 = 103,4 \text{ м}$$

Гідравлічний розрахунок

Гідравлічний розрахунок теплообмінника необхідний для визначення потужностей на валах насосів та вентиляторів а також для визначення оптимального режиму роботи апарату.

Потужність, необхідну для переміщення теплоносія через апарат, визначають за формулою:

$$N = \frac{V\Delta p}{1000\eta_i}, \text{ кВт}$$

де V – об'ємна витрата рідини, м³/с;

Δp - перепад тиску в апараті, Па;

η_i - ККД насоса.

Гідравлічний опір апарату складається із втрат тиску на подолання сил тертя $\Delta p_{\text{дт}}$ і на подолання місцевих опорів $\Delta p_{\text{ді}}$:

$$\Delta p = \Delta p_{\text{дт}} + \Delta p_{\text{ді}} = \left(\lambda \frac{l}{d} + \sum \xi\right) \frac{\omega^2 \rho}{2},$$

де λ - коефіцієнт опору силі тертя;

l - довжина труби, м;

d - діаметр труби, м;

ξ - коефіцієнт місцевого опору;

ω - швидкість руху рідини, м/с;

ρ - густина рідини, кг/м³.

Коефіцієнт опору тертя при турбулентному режимі потоку визначається за формулою

$$\lambda = \frac{0,316}{\text{Re}^{0,25}},$$

$$\lambda_1 = \frac{0,316}{133895^{0,25}} = 0,0165$$

$$\lambda_2 = \frac{0,316}{13130^{0,25}} = 0,0295$$

Знайдемо $\sum \xi$ - суму коефіцієнтів місцевих опорів:

$$\sum \xi_2 = \sum \xi_k + \xi_{2ex} + \xi_{2вих},$$

$$\sum \xi_1 = \sum \xi_{1ex} + \sum \xi_{1вих} + \xi_{1ex} + \xi_{1вих}$$

де $\xi_{1ex} = 1,5$, $\xi_{2ex} = 0,5$ - коефіцієнт опору рідини на вході в трубі;

$\xi_{2k} = 1,5$ - для коліна;

$\xi_{1ex} = 1,5$ - на вході в міжтрубний простір під кутом 90 град. до напрямку

руху потоку;

$\xi_{1вих} = 1,0$ - на виході із міжтрубного простору під кутом 90 град.

$\xi_{1вих} = 1,0$, $\xi_{2вих} = 1,0$ - для виходу з труби

$$\sum \xi_1 = (60 - 1)(4 - 1) + 1,5 + 1,0 = 179,5$$

$$\sum \xi_2 = (60 \cdot 1,5) + 0,5 + 1,0 = 91,5$$

Отже гідравлічний опір апарата Δp складає:

$$\Delta p_1 = \left(0,0165 \left(\frac{103,4}{0,045}\right) + 179,5\right) \frac{0,6^2 \cdot 996}{2} = 38977,86 \text{ Па}$$

$$\Delta p_2 = \left(0,0295 \left(\frac{128,3}{0,125}\right) + 91,5\right) \frac{0,5^2 \cdot 1040}{2} = 15831,24 \text{ Па}$$

Тоді необхідна розрахункова потужність, що необхідна для перекачування теплоносія та води через апарат згідно

$$N_1 = \frac{V \Delta p}{1000 \eta} = \frac{6,63 \cdot 38977,86}{1000 \cdot 0,65} = 397,6 \text{ Вт}$$

$$N_2 = \frac{V \Delta p}{1000 \eta} = \frac{6,448 \cdot 15831,24}{1000 \cdot 0,65} = 157,05 \text{ Вт}$$

РОЗДІЛ 5. ВИБІР КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Через строгі вимоги до фармацевтичного обладнання для його виготовлення беруться тільки безпечні матеріали - тобто ті, що при контакті з продукцією не виділяють шкідливих речовин.

Конструкційні поверхні повинні мати гладку структуру (щоб легко мити) і бути стійкими до чистячих засобів, а також до підвищеної вологості і іржавіння, до високих і до низьких температур, до механічного впливу.

Матеріали, які використовують для контакту з продуктом, повинні:

- мати достатню міцність в широкому діапазоні температур;
- бути міцними і мати прийнятний строк служби;
- бути нетоксичним, не руйнуватися та такими, що не абсорбують;
- стійкі до розтріскування, руйнування корозією і стирання;
- запобігати проникненню небажаних речовин у межах передбачуваного використання;
- легко очищуватися та мати здатність набувати задану форму.

Нержавіюча сталь зазвичай відповідає всім цим вимогам. Існують різні марки нержавіючої сталі, які можуть бути обрані за їх конкретними властивостями для задоволення експлуатаційних вимог.

Корозійно стійкі сталі

Загалом, корозійно стійка сталь має відмінну корозійну резистентність, таким чином, вона широко використовуються у фармацевтичній промисловості. Перелік неіржавіючих сталей, придатних до використання, досить широкий, тому вибір прийнятного типу неіржавіючої сталі буде залежати не лише від її корозійних властивостей (враховуючи не тільки хімічні іони, які контактують зі сталлю, а також рН і температуру контактної середовища), процесу очищення та інертності антимікробних хімікатів, які для цього

використовуються. Разом із тим, на вибір впливатимуть умови навантаження, при яких працює матеріал, придатність сталі для механічної обробки, для зварювання, твердість, а також ціна.

При наближенні температури до 150°C, навіть сталь AISI-316 може підлягати стресо-корозійному утворенню тріщин у тих випадках, коли високо напружені місця підлягають дії високих рівнів концентрації хлоридів. В цих випадках треба застосовувати AISI-410, AISI-409, AISI-329, або навіть інкочой 825, оскільки вони мають більшу механічну міцність та корозійну резистентність, хоча і є більш дорогими.

Важливо уникати безпосереднього з'єднання метал-метал, крім зварювання, так як контакт метал-метал може утримувати бруд і мікроорганізми. У випадку з устаткуванням, призначеним для асептичної обробки, ущільнення метал - метал не буде перешкоджати проникненню бактерій. Тому для ущільнення використовують гуму.

РОЗДІЛ 6. ВИМОГИ ДО МОНТАЖУ, ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА РЕМОНТУ

6.1. Підготовка обладнання і фундаментів до монтажу

6.1.1. Транспортування, приймання, зберігання і розконсервація обладнання

Доставляння обладнання на монтажний майданчик входить в обов'язки замовника. Обладнання приймають і передають замовнику за зовнішнім оглядом обладнання без його розбирання. Під час приймання перевіряють виконання підприємством-виробником контрольного складання, обкатування, стендових та інших випробувань; відповідність допусків у документації допускам, що нормуються; комплектність (зокрема спеціального інструмента і пристроїв); відповідність обладнання кресленикам і технічним умовам на монтаж, відсутність видимих пошкоджень і дефектів, збереженість лакофарбових та інших захисних покривів, а також пломб; наявність і повноту технічної документації. Після цього складають приймально-здавальний акт.

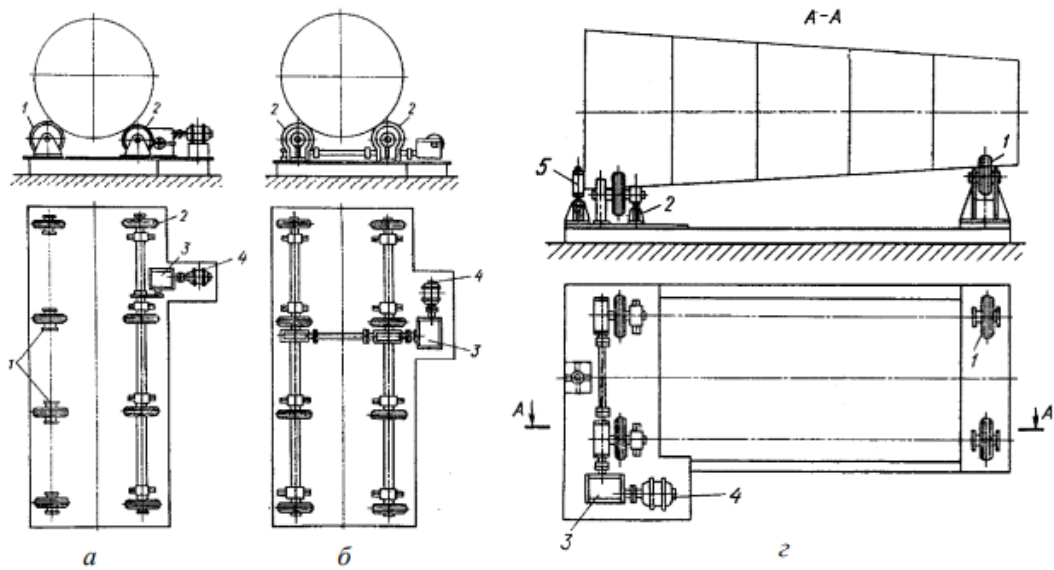
У разі виявлення значних дефектів в обладнанні до їх усунення залучають представників підприємства-виробника. Невеликі несправності можуть бути усунені монтажною організацією згідно з додатковою угодою сторін.

Обладнання зберігають згідно з ГОСТ 15150–69, а розконсервацію – одним з розглянутих способів, який найбільш доцільно застосувати в умовах монтажного майданчика.

6.1.2. Збільшуваче складання обладнання

У випадках доставляння обладнання на монтажний майданчик у вигляді окремих складових частин потрібно виконувати його збільшуваче складання. За великої різноманітності обладнання, що складають на місці монтажу, доцільно застосувати роликові й канатні стенди. Роликові стенди (рис. 5.1) використовують для обертання циліндричних, конічних і сферичних виробів у процесі складання і зварювання поздовжніх та

кільцевих швів. Їх також можна застосовувати для встановлення виробу у зручне положення під час проведення контрольних та обробних операцій.



6

Рисунок. 6.1. Роликові стенди для циліндричних (а, б, в) і конічних (г) апаратів: а – з поперечним урухомленням роликів; б – з поздовжнім урухомленням роликів; 1 – холості ролики; 2 – урухомлювальні ролики; 3 – упорні ролики; 4 – урухомник; 5 – апарат

Канатні стенди (рис. 5.2) застосовують для складання тонкостінних апаратів (коли напруження в місці контакту обичайки апарата з роликком роликового стенда перевищують допустимі, що призводить до втрати міцності і (або) жорсткості обичайки) і апаратів з частинами, що суттєво виступають за межі їх корпусів.

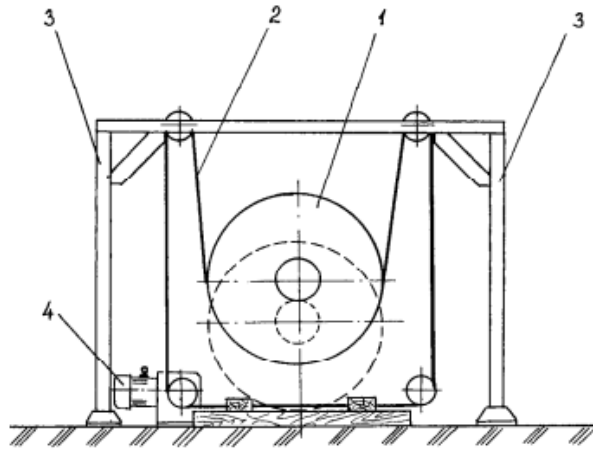


Рисунок. 6.2. Канатний стенд: 1 – апарат; 2 – канат; 3 – стояки; 4 – урухомник каната

Під час складання листових конструкцій під зварювання потрібно виконувати вимоги до креслеників. Для цього часто використовують різні пристрої: струбцини, стяжні та клинові пристрої та ін.

6.1.3. Приймання фундаментів

Фундаменти вважають опорною частиною обладнання і передають на ґрунт тиск від його маси і сил, що виникають у процесі роботи.

Фундаменти мають:

- забезпечувати рівномірний розподіл на ґрунт сил відповідно до несучої здатності ґрунту;
- зберігати задане під час монтажу положення обладнання за всіх ґрунтових умов (промерзання, відтавання, наявність потоків ґрунтових вод тощо);
- збільшувати жорсткість обладнання введенням фундаменту в систему «обладнання–фундамент»;
- підвищувати стійкість обладнання зниженням центра маси системи «обладнання–фундамент» порівняно з центром маси обладнання;
- зменшити вібрацію обладнання за рахунок збільшення маси всієї системи;
- захистити обладнання від зовнішніх вібраційних і ударних навантажень під час роботи оточуючого обладнання.

Фундаменти розрізняють за конструкцією (стрічкові, рамні, суцільні й масивні), матеріалом (бетонні, залізобетонні, цегляні, бутові, з пиляного каменю та ін.) і способом виготовлення (збірні, збірно-монолітні і монолітні). Для встановлення багатьох видів обладнання, що працює у спокійному режимі, використовують промислові підлоги і перекриття будівель.

Обладнання закріплюють здебільшого за допомогою фундаментних болтів. Іноді застосовують кріплення болтами або шпильками до закладних деталей різної конструкції. До лагів, силових підлог закріплюють обладнання, що часто пересувають. Для встановлення легкого обладнання на фундаменти або підлоги з хімічно стійким покритвом спеціальні кріпильні вузли або безпосередньо опорну поверхню корпусних деталей обладнання приклеюють епоксидним клеєм (рис. 5.3)

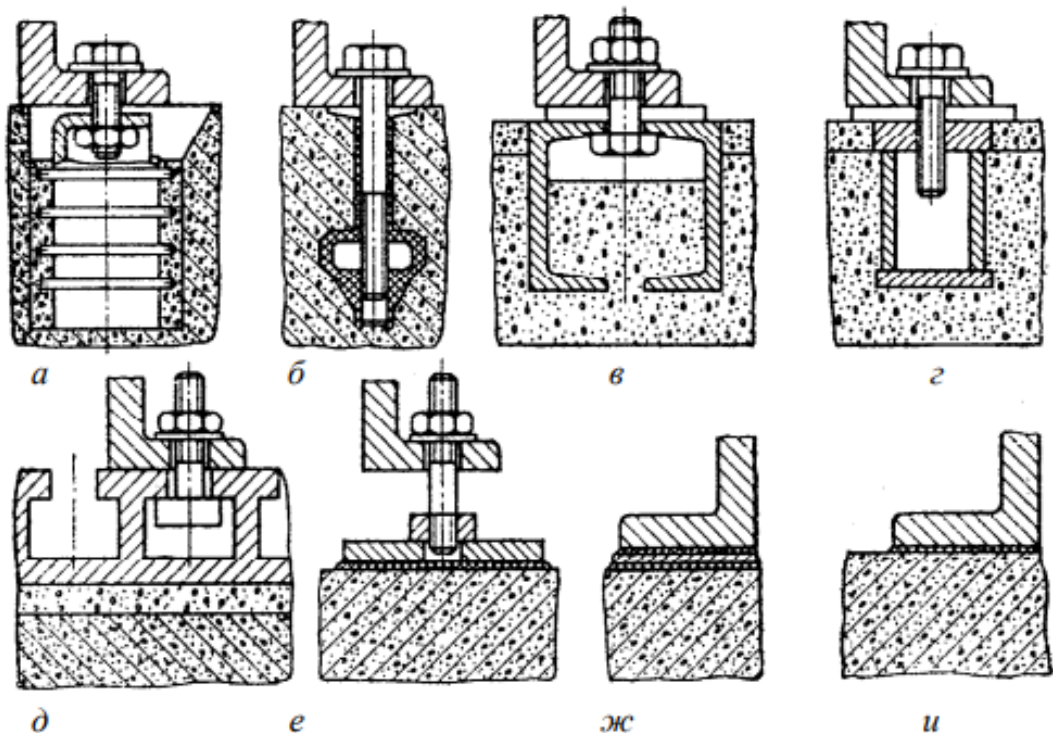


Рисунок. 6.3. Способи закріплення обладнання на фундаменті: а, б – до спеціальних закладних деталей; в, г – до лагів; д – до силових підлог; е – приклеюванням кріпильного вузла; ж – приклеюванням опорної поверхні через вібропоглинальну прокладку; и – безпосереднім приклеюванням опорної поверхні обладнання

6.1.4. Монтаж вертикальних апаратів

Спосіб установлення виробу підніманням у горизонтальному або похилому положенні з наступним його поворотом навису

Стропування апарата виконують трохи вище від його центра маси за цапфи або монтажні штуцери. Під час піднімання апарат утримують у горизонтальному або похилому положенні за допомогою гальмівної відтяжки й лебідки. Гальмівну відтяжку після підняття апарата ослаблюють, апарат при цьому займає вертикальне положення, після чого його опускають основою на фундамент (рис. 5.4). На відміну від інших способів монтажу повністю складених апаратів цей спосіб не потребує спеціальних пристроїв (поворотного шарніра або полозків).

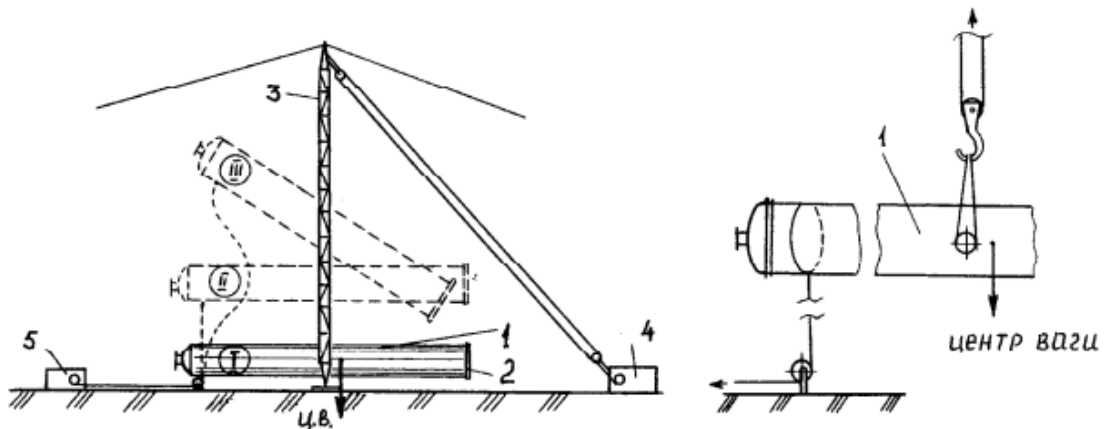


Рисунок. 6.4. Спосіб монтажу колонного апарата підніманням у горизонтальному положенні з наступним його поворотом навису: 1 – апарат; 2 – опорна частина; 3 – нерухома щогла; 4 – вантажна лебідка; 5 – гальмівна лебідка; I–III – послідовність установлення апарата

Спосіб установлення ковзанням опорної частини виробу по ґрунту

Цей спосіб іноді називають ще способом піднімання з підтяганням нижньої частини виробу. Виріб (найчастіше колонний апарат) піднімають за вершину, а нижню частину, покладену на полозки, підтягають під час монтажу лебідкою або трактором таким чином, щоб вантажні поліспасти весь час розміщалися майже вертикально (рис.5.5). Цей спосіб також використовують для монтажу повністю складених апаратів.

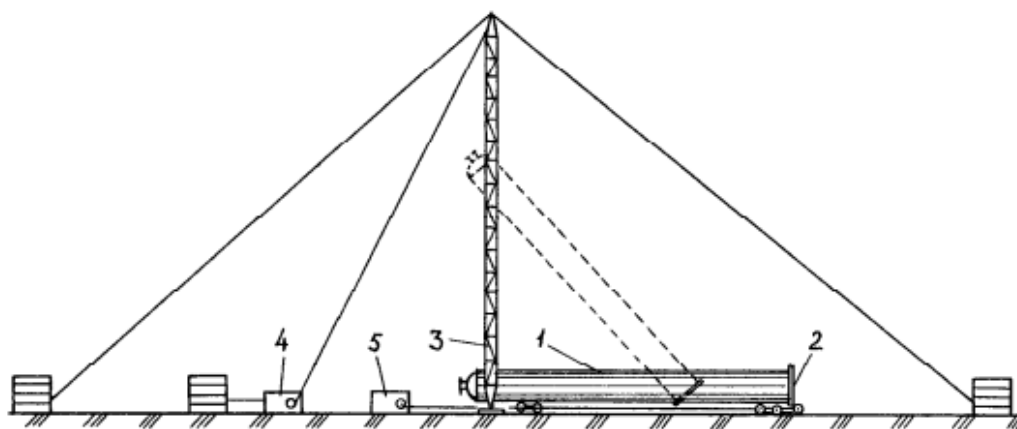


Рисунок 6.5. Схема монтажу колонного апарата ковзанням опорної частини по ґрунту: 1 – апарат; 2 – опорна частина; 3 – нерухома щогла; 4 – вантажна лебідка; 5 – підтягувальна лебідка

6.1.5. Монтаж і демонтаж обладнання в будівлях

Під час проектування будинків або «етажерок» (далі – будівлях), якщо це можливо, бажано передбачати монтажні прорізи, які розташовані співвісно на всіх поверхах будівлі (рис. 5.6). Обладнання подають до монтажного прорізу, піднімають краном або таллю на потрібний поверх і за допомогою лебідки відтягають на місце монтажу (для цього можна використати і мостовий кран, якщо він є на цьому поверсі). Цей метод потребує послідовного монтажу і демонтажу, тобто монтують у першу чергу те обладнання, яке найбільш віддалене від прорізу, а демонтують навпаки – найближчі до нього. Трудність цього методу відчувається особливо під час ремонтних робіт: якщо треба замінити якийсь апарат, то для цього потрібно демонтувати всі вироби, які розміщені між ним і монтажним прорізом.

Обладнання на високі поверхи можна подавати також крізь наявні віконні, дверні і спеціально пристосовані бокові прорізи. Підймання апарата на другий ярус залізобетонного постаменту з перекриттям показано на рис. 5.7.

Для підймання використовують хитну щоглу, оснащену двома поліспастами. Апарат стропують таким чином, щоб для зберігання рівноваги у піднятому положенні задній строп став віддаленим якомога далі від центра. Підймання виконують обома поліспастами до рівня ярусу, потім нахилом

щогли апарат своїм переднім кінцем заносять на площадку, після чого передній поліспаєт і передній строп звільняють, а апарат лебідкою затягують на місце монтажу.

У ряді випадків для збільшення прорізу доводиться руйнувати частину стіни, що прилягає до вікна, або демонтувати покрівлю.

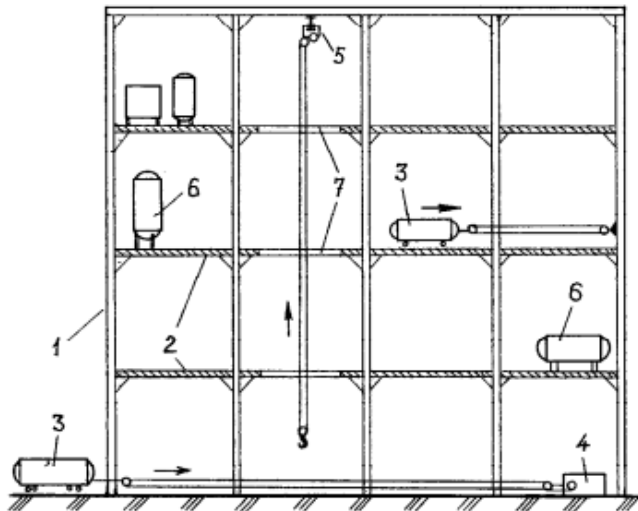


Рис. 5.34. Монтаж обладнання у будівлях крізь монтажний проріз: 1 – каркас будівлі; 2 – міжповерхові перекриття; 3 – апарат, що монтують; 4 – підтягувальна лебідка; 5 – таля; 6 – змонтований апарат; 7 – монтажний проріз

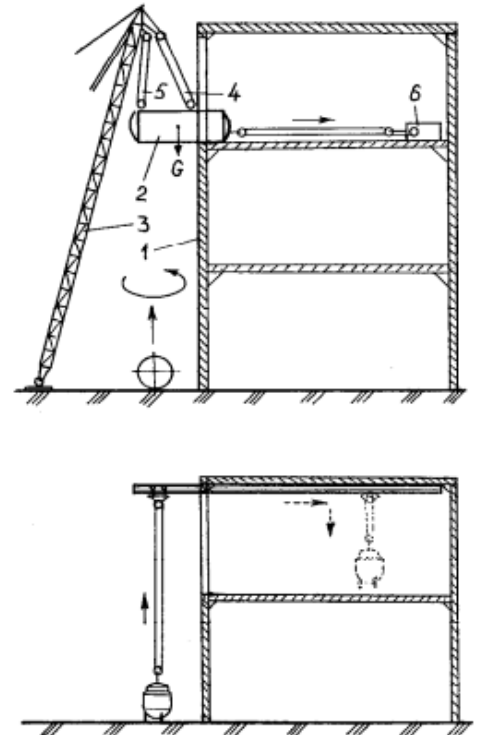


Рис. 5.35. Монтаж апарата крізь віконний проріз: 1 – залізобетонний постамент; 2 – апарат; 3 – хитна щогла; 4 – передній поліспаєт; 5 – задній поліспаєт; 6 – підтягувальна лебідка

6.1.6. Випробування обладнання, пусконаладжувальні роботи і здача обладнання в експлуатацію

Змонтоване обладнання піддають таким індивідуальним випробуванням: на щільність і міцність – посудини та апарати, змашувальні системи й системи охолодження; вхолосту і під навантаженням – машини й механізми, а також апарати з урухомником. Якщо випробування окремого виробу (посудини, апарата або машини) неможливі у відриві від випробувань суміжного обладнання і комунікацій (наприклад, каландр для перероблення пластичних мас і гумових сумішей), їх проводять під час комплексного

випробування обладнання (наприклад лінії для виробництва без основних рулонних матеріалів на базі каландра).

Пусконалагоджувальні роботи входять до обсягу монтажних робіт і проводяться у чотири етапи:

1) етап роботи з проектною документацією (своєчасне внесення зауважень);

2) етап будівельно-монтажних робіт і підготовка об'єкта до пуску (інженерний нагляд за монтажем обладнання з боку пусконалагоджувальних підрозділів); технічне керування проведенням промивок, продувок і випробувань на міцність і герметичність);

3) пусковий період (пуск виробництва в робочих середовищах);

4) період освоєння проектних потужностей (аналіз роботи обладнання та його міжремонтних пробігів).

Пуск обладнання пов'язаний з рядом труднощів. Причини відмов обладнання поділяють на такі групи:

- несправності обладнання – 55...60 %;
- помилки проекту – 10 %;
- низька якість будівельно-монтажних робіт – 15 %;
- помилки обслуговуючого персоналу – 10...15 %.

6.1.7. Техніка безпеки під час монтажу

Під час монтажу технологічного обладнання потрібно суворо дотримуватися вимог відповідних нормативно-технічних документів і будівельних норм та правил. Монтажні роботи також належить виконувати згідно з проектом проведення робіт, який передбачає створення умов для безпечного виконання робіт як на монтажному майданчику в цілому, так і на окремих робочих місцях.

До самостійної роботи з виконання монтажних робіт на будівельному майданчику допускаються особи не молодші за 18 років, які пройшли медичний огляд і навчання, мають посвідчення на право виконання цих робіт.

Під час улаштування на роботу слюсар-монтажник повинен пройти вступний інструктаж з охорони праці, а перед тим, як приступати до роботи – інструктаж на робочому місці. Надалі періодичний інструктаж проводиться не рідше одного разу на три місяці, якщо не змінюються умови і характер роботи.

Не пізніше трьох місяців з дня улаштування на роботу слюсар-монтажник повинен пройти навчання безпечних методів праці в обсязі виконуваних робіт, після чого йому видають посвідчення терміном на один рік.

Слюсар-монтажник має працювати тільки у спецодязі і спецвзутті, захисній касці і за потреби користуватися захисними засобами: запобіжним поясом, мотузкою, респіратором, окулярами.

Виконувати роботу дозволяється тільки за достатнього освітлення робочого місця – не менше 25 лк. Для підсвічування під час роботи або огляду обладнання користуватися тільки переносними світильниками з напругою 12...36 В. Користуватися відкритим вогнем (запаленим папером, сірниками, смолоскипами) для освітлення категорично забороняється.

Робоче місце слюсаря-монтажника не має містити зайвих предметів і триматися в чистоті й відповідному порядку. Деталі й матеріали за умови відкритого зберігання треба класти на прокладки. Безладне зберігання, а також розкидання матеріалів, обладнання і деталей забороняється.

Монтажні роботи слід виконувати справним слюсарно-монтажним інструментом, який потрібно утримувати в чистоті й відповідному порядку, зберігати і переносити у спеціальних інструментальних ящиках.

Слюсар-монтажник може працювати з електроінструментом, знаючи правила користування ним і маючи другу групу з електробезпеки. Під час роботи з електроінструментом, призначеним для роботи за напруги 220 В, потрібно застосовувати індивідуальні засоби захисту: діелектричні рукавички, килимок, калоші, окуляри, які монтажник отримує одночасно з електроінструментом.

На ділянці, де проводять монтажні роботи, не допускається виконання інших робіт і присутність сторонніх осіб. Не допускається перебування людей на елементах конструкцій і обладнання під час їх підймання або переміщення.

Способи стропування елементів конструкції і обладнання мають забезпечувати їх подання до місця встановлення в положенні, близькому до проектного. Елементи конструкції та обладнання, що монтують, під час переміщення мають утримуватися від розгойдування та обертання гнучкими відтяжками. Очищення елементів конструкцій, що підлягають монтажу, від бруду і льоду слід виконувати до їх підняття. Під час перерв у роботі не допускається залишати підняті вантажі навису.

Не допускається виконувати монтажні роботи на висоті у відкритих місцях за швидкості вітру 15 м/с і більше, під час ожеледиці, грози або туману, що виключає добру видимість у межах фронту робіт. Роботи з переміщення і встановлення вертикального обладнання з великою парусністю слід припиняти за швидкості вітру 10 м/с і більше.

Не допускати перебування людей під конструкціями і обладнанням, що монтують, до встановлення їх у проектне положення і закріплення. У разі потреби перебування працівників під чи над монтованими конструкціями та обладнанням, мають здійснюватися спеціальні заходи безпеки.

Навісні монтажні майданчики, сходи та інші пристрої, потрібні для роботи монтажників на висоті, слід встановлювати і закріплювати на конструкціях та обладнанні, що монтують, до їх підймання.

Під час виконання монтажних або демонтажних робіт в умовах діючого підприємства електромережі та інші діючі інженерні системи в зоні робіт мають бути вимкнені, закорочені, а обладнання і трубопроводи звільнені від вибухонебезпечних, горючих і шкідливих речовин.

В особливо відповідальних випадках (під час підймання конструкцій із застосуванням складного такелажу та методу повороту, через насування великогабаритних та важких виробів та для підймання їх двома або більше

механізмами) сигнали повинен подавати тільки бригадир монтажної бригади у присутності інженерно-технічних працівників, відповідальних за розроблення й здійснення технічних заходів щодо забезпечення вимог безпеки.

Розпакування і розконсервація обладнання належить виконувати в зоні, відведеній відповідно до проекту проведення робіт, на спеціальних стелажах або підкладках заввишки не менше 100 мм. Під час розконсервації обладнання не допускається застосовувати матеріали з вибухо- та пожежонебезпечними властивостями.

Під час виконання складальних операцій сполучати отвори і перевіряти їх збіг у деталях потрібно з використанням спеціального інструменту (конусних оправок, складальних пробок та ін.). Перевіряти збіг отворів у деталях пальцями рук не допускається. Для складання горизонтальних циліндричних ємностей з окремих царг треба застосовувати клинові підкладки та інші пристрої, які унеможливають самовільне скочування царг.

Під час роботи в умовах вибухонебезпечного середовища потрібно застосовувати інструменти, пристрої і оснастку, які унеможливають іскроутворення.

Під час монтажу обладнання має бути виключена можливість самовільного або випадкового його вмикання.

У разі використання домкратів мають бути вжиті заходи щодо унеможливлення їх перекосу або перекидання.

Під час монтажно-складальних робіт емальованого обладнання треба бережно поводитися з інструментом, кріпильними виробами та іншими дрібними деталями, не допускаючи їх падіння на емальовану поверхню. Під час роботи всередині апарата потрібно користуватися взуттям на гумовій підшві, підстеливши на емальовану поверхню гумовий килимок. Інструменти і допоміжні пристрої мають бути в м'яких чохлах, закріплених на пояському ремені слюсаря.

Обладнання поблизу електричних проводів (у межах відстані, що дорівнює найбільшій довжині монтованого елемента) потрібно монтувати за знятої напруги. Якщо напругу зняти неможливо, роботи слід виконувати згідно з нарядом-допуском, який затверджено в установленому порядку.

Під час демонтажу обладнання потрібно виконувати вимоги до монтажних робіт. Одночасне розбирання конструкцій або демонтаж обладнання у двох або більше ярусах по одній вертикалі не допускається.

Риштування, підмостки та інші пристрої для виконання робіт на висоті мають бути інвентарними. Неінвентарні риштування, виконані за проектом, допускаються у виняткових випадках і заввишки не більше за 4 м. Риштування і підмостки заввишки до 4 м допускають до експлуатації тільки після їх приймання виконавцем робіт, а понад 4 м – після їх технічного огляду комісією із затвердженням акта головним інженером. Металеві риштування потрібно заземлювати. Прорізи, що виконують або залишають у настилах риштувань і перекриттях у місцях виходу драбинок або сходів, потрібно відгороджувати поручнем заввишки не меншим ніж 1 м.

Роботу над землею або перекриттям вище за 1 м вважають роботою на висоті, а на висоті понад 5 м – верхолазною роботою. Перед початком роботи робітники-верхолази зобов'язані крім увідного інструктажу на робочому місці пройти спеціальне навчання з безпечних методів праці на висоті і правил користування індивідуальними засобами захисту. Робітники-верхолази мають щорічно проходити медичний огляд.

Монтажники, що мають стаж роботи до одного року і кваліфікаційний розряд нижчий за третій, до верхолазних робіт не допускаються. Монтажники-верхолази повинні користуватися запобіжним поясом, мати нековзне взуття, а зимою працювати у валянках. Місця кріплення карабіна запобіжного пояса мають бути заздалегідь указані виконавцем робіт і яскраво пофарбовані. Для захисту голови від поранення в умовах можливого падіння різних предметів потрібно працювати в касці. Під час верхолазних робіт слід вжити заходи для забезпечення безпеки робітників, що перебувають унизу, і

виключити можливість випадкового падіння інструменту та кріпильних деталей (тобто влаштовувати козирки і запобіжні сітки).

Під час виконання зварювальних робіт потрібно слідкувати за збереженням ізоляції зварювального проводу.

Кожний монтажник перед роботою повинен пройти інструктаж з пожежної безпеки, ознайомитися з пожежним інвентарем і засобами пожежогасіння.

Забороняється захаращувати і закривати пожежні проїзди та проходи до пожежного інвентарю та обладнання. Потрібно суворо дотримуватися протипожежних заходів – бути обережним з відкритим вогнем, особливо за наявності теплоізоляції, а також у діючих цехах.

Кожному слюсарю-монтажнику потрібно пам'ятати таке: паління дозволяється тільки в установлених місцях, обладнаних бачками або урнами з водою; не можна залишати без нагляду ввімкнені електронагрівальні прилади (електроплитки, електрочайники, електропаяльники та ін.); легкозаймисті матеріали, їх відходи, а пально-мастильні матеріали потрібно зберігати в спеціально відведених місцях; забороняється користуватися відкритим вогнем для освітлення темних місць, а також відігріву труб, батарей центрального опалення; не дозволяється зберігати у побутових приміщеннях (вагончиках) пально-мастильні матеріали і балони з газом (киснем, ацетиленом і пропанбутаном); забороняється розпалювати багаття, палити відходи і сміття на території монтажного майданчика без попереднього дозволу органів Держпожнагляду.

6.2. Експлуатація

Експлуатаційні методи

Дотримання умов експлуатації щодо дії кліматичних факторів зовнішнього середовища. Будь-який виріб призначають для експлуатації в одному або кількох макрокліматичних районах і виготовляють у конкретних кліматичних виконаннях згідно з ГОСТ 15150–69.

Крім кліматичних виконань, вироби виготовляють за категоріями їх розміщення (5 збільшених і 6 додаткових). І нарешті, вироби розрізняють за групами умов експлуатації за корозійною активністю атмосфери (8 груп).

Правильний вибір і дотримання кліматичного виконання, категорії розміщення і групи умов експлуатації кожної одиниці обладнання сприяє її ефективній експлуатації і подовжує строк її експлуатації.

Забезпечення нормальних умов експлуатації. Надійна робота будьякого виробу можлива лише за умови дотримання всіх вимог, перелбачених експлуатаційними документами на цей виріб (зокрема настановою щодо експлуатування, а також інструкцією щодо монтування, пускання, регулювання та обкатування виробу на місці його експлуатування).

Захист обладнання інгібуванням.

Корозію обладнання можна значно знизити, якщо вилучити з робочого середовища речовини, що спричиняють корозію. Коли ж це неможливо, то застосовують інгібітори корозії – речовини, які у разі їх уведення у корозійне середовище помітно стримують швидкість корозії металу. При цьому інгібітори корозії мають бути дешевими, нетоксичними, не зумовлювати небажані зміни в технологічному середовищі.

Розрізняють такі інгібітори корозії (ДСТУ 2733–94):

– інгібітор корозії універсальний – уповільнювач корозії, придатний для захисту чорних та кольорових металів;

– інгібітор корозії вибіркової дії – уповільнювач корозії, здатний захищати окремі метали чи певну групу металів (так, аміак запобігає корозії сталевих деталей, але спричиняє інтенсивну корозію латунних); а б в 311

– інгібітор атмосферної корозії – речовина, що знижує швидкість корозії металу в атмосферних умовах;

– анодний (катодний) інгібітор корозії – уповільнювач корозії, захисна дія якого зумовлена гальмуванням анодної (катодної) реакції корозійного процесу;

– контактний інгібітор корозії – уповільнювач корозії, дія якого виявляється за умови нанесення його на поверхню металу;

– леткий інгібітор корозії – уповільнювач корозії, здатний у звичайних умовах випаровуватися та доволіно осаджуватися із газової фази на поверхню металу;

– водорозчинний, маслорозчинний і водомаслорозчинний інгібітори корозії.

Обладнання захищають інгібуванням у разі не тільки під час його використання за призначенням, але й очікування використання за призначенням і зберігання під час експлуатації. У цьому разі застосовують також полімерні інгібіторні плівки (плівки, які у своїй масі чи на поверхні містять інгібітори корозії) і полімерні інгібіторні покриття (плівки, які утворюються на виробі за умови нанесення з розчину чи розплаву композиції, що містить у своїй масі інгібітор корозії). Ці покриття можуть бути змивними і незмивними, знімними і незнімними.

Електрохімічний захист. Швидкість електрохімічної корозії можна значно зменшити, якщо металеве обладнання або конструкцію піддати поляризації. Цей метод отримав назву електрохімічного захисту. Залежно від виду поляризації розрізняють катодний і анодний захист.

Катодний захист – найпоширеніший вид електрохімічного захисту. Його застосовують для боротьби з корозією сталей, міді, латуней, алюмінію в умовах помірних агресивних середовищ. Катодну поляризацію можна провадити приєднанням обладнання, що захищається, до негативного полюса зовнішнього джерела струму або до металу, що має більш електронегативний електродний потенціал. В останньому випадку немає потреби в зовнішньому джерелі струму, оскільки утворюється гальванічний елемент з тим же напрямком струму, тобто обладнання стає катодом, а більш електронегативний метал, що називають протектором, – анодом.

Схему катодного захисту показано на рис. 6.7 Обладнання (теплообмінники, холодильники, конденсатори та ін.), що зазнає дії

корозійного середовища, захищають приєднанням до негативного полюса зовнішнього джерела струму і зануренням анода в це середовище. Катодний захист зовнішнім електричним струмом недоцільний в умовах атмосферної корозії, в органічних розчинниках, оскільки тоді корозійне середовище не має достатньої електропровідності.

Схему протекторного захисту колонного апарата показано на рис. 6.8. До апарата приєднують більш електронегативний метал – протектор, який, розчинюючись в навколишньому середовищі, надсилає електрони колоні й катодно заполяризує її. Після повного розчинення протектора або втрати електричного контакту його з обладнанням, що захищається, протектор потрібно поновлювати. Як протектор найчастіше застосовують магній, цинк та їх сплави. Протектор працює ефективно, якщо перехідний опір між ним і середовищем невеликий. У процесі роботи протектор може покриватися шаром нерозчинних солей, які ізолюють його від середовища. Для боротьби з цим протектор розміщують у наповнювачі – суміші солей, що утворює навколо нього певне середовище, яке полегшує розчинення продуктів корозії протектора та його ефективну роботу.

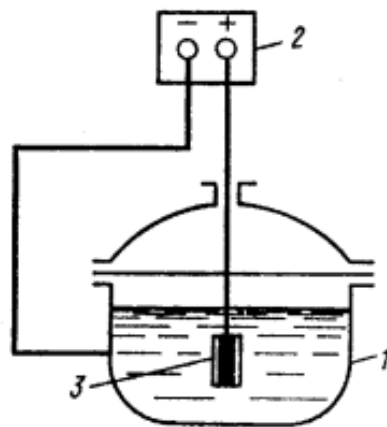


Рисунок 6.7. Схема катодного захисту хімічного реактора: 1 – реактор; 2 – джерело електричного струму; 3 – анод

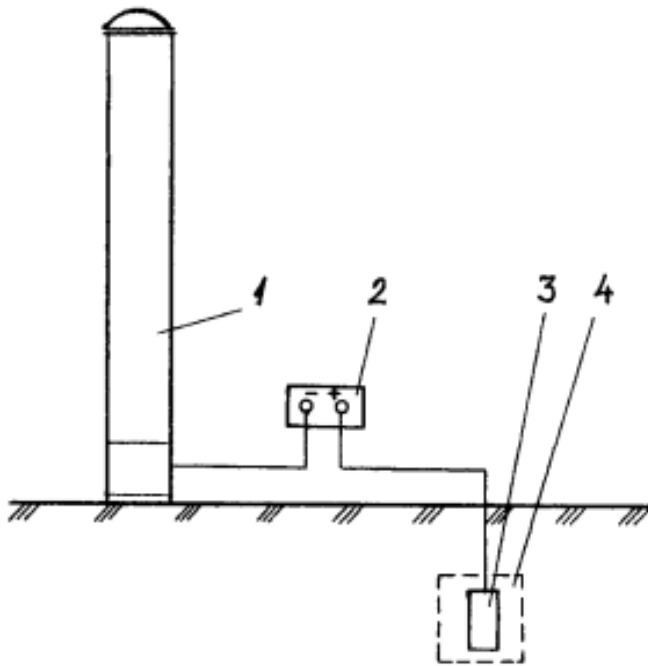


Рисунок 6.8. Схема протекторного захисту колонного апарата: 1 – колона; 2 – джерело електричного струму; 3 – анод; 4 – наповнювач
Змащування обладнання.

Значно зменшити зношення елементів обладнання і підвищити його надійність можна застосуванням у вузлах тертя машин та апаратів мастильного матеріалу (мастила) – матеріалу, який підводять (наносять) до поверхні тертя для зменшення сили тертя і (або) зносу.

Дія мастильного матеріалу, яка сприяє зменшенню тертя і (або) зносу, називають мащенням, а підведення і (або) нанесення мастильного матеріалу до (на) поверхні тертя – змащуванням.

З визначення мастильного матеріалу випливають його дві основні функції: зменшення сили тертя і зменшення зносу. Крім основних, мастильні матеріали забезпечують додаткові функції: вони охолоджують поверхні тертя; зменшують швидкість корозії поверхонь тертя або повністю її усувають; у разі проточного або циркуляційного змащування відводять продукти зношення й корозії; забезпечують демпфірування і зменшують вібрацію і шум; виконують ущільнювальну функцію (у сальниках, трубопроводних кранах).

6.3. Розрахунок основних параметрів ремонту

Теплообмінник типу «труба в трубі» відноситься до VI групи обладнання в залежності від тривалості ремонтного циклу. Тому категорія ремонтної складності $R=1.2$

Структура ремонтного циклу:

К-О-О-П1-О-О-П2-О-О-П3-О-О-С-О-О-П4-О-О-П5-О-О-П6-О-О-К

Таблиця 6.1

Назва обладнання	Марка	Категорія ремонтної складності	Норми часу на ремонтні роботи, люд.год			
			К	С	П	О
Теплообмінник типу «труба в трубі»		1,2	42	25,2	8,4	1,2

1. Трудомісткість ремонту теплообмінника

$$t_p = T_p \cdot R$$

Де T_p – норма трудомісткості ремонту в люд.год. на одну умовну одиницю.

$$t_p = (42 + 25,2 + 8,4) \cdot 1,2 = 90,72 \text{ люд.год.}$$

2. Трудомісткість ремонтного циклу машини:

$$t_{p.ц.} = R(35 + 17,4 \sum C + 4,4 \sum П + 0,6 \sum O) \text{ люд.год.}$$

$$t_{p.ц.} = 1,2 \cdot (35 + 17,4 + 4,4 \cdot 6 + 0,6 \cdot 16) = 106,08 \text{ люд.год.}$$

3. Необхідна кількість чергових слюсарів для міжремонтного обслуговування:

$$Ч_{м.о.} = \frac{\sum R}{D}, \text{де}$$

де $Ч_{м.о.}$ – число явочних робітників, необхідне для забезпечення міжремонтного обслуговування в змінну, $\sum R$ - сума ремонтних одиниць обслуговуючого обладнання, D – норма міжремонтного обслуговування в умовних ремонтних одиницях на одного робітника в змінну.

$$Ч_{м.о.} = \frac{15}{500} = 0,03 \text{ люд./ змінну.}$$

4. Тривалість ремонту обладнання

$$A = \frac{T_p \cdot R \cdot K_H}{B \cdot T_c \cdot C},$$

де T_p – норма трудомісткості ремонту в люд.год. на умовну одиницю, R – категорія ремонтної складності, T_c – тривалість зміни в годинах, C – змінність роботи на ремонті даного обладнання, K_H – коефіцієнт виконання норм часу.

$$A = \frac{35 \cdot 1,2 \cdot 0,9}{2 \cdot 8 \cdot 1} = 2,36 \text{ зміни,}$$

5. Тривалість простою обладнання в ремонті в змінах:

$$A = \frac{24 \cdot R \cdot P_p}{T_c},$$

де P_p – норма простою обладнання в ремонті на одну ремонтну одиницю.

$$A = \frac{24 \cdot 1,2 \cdot 0,8}{8} = 2,88 \text{ зміни.}$$

6. Тривалість в місяцях міжремонтних періодів:

$$P_{mp} = \frac{P_{pc}}{\sum C + \sum P + 1},$$

де P_{pc} – ремонтний цикл, місяці; C – число середніх ремонтів в ремонтному циклі; P - число поточних ремонтів в ремонтному циклі.

$$P_{mp} = \frac{24}{1 + 6 + 1} = 3 \text{ місяці},$$

7. Тривалість в місяцях міжоглядових періодів:

$$P_{mp} = \frac{P_{pc}}{\sum C + \sum P + \sum O + 1},$$

де O – число оглядів в ремонтному циклі.

$$P_{mp} = \frac{24}{1 + 6 + 16 + 1} = 1 \text{ місяць},$$

Категорія ремонтної складності для теплообмінника типу «труба в трубі»

$$R=1.2$$

З таблиці знаходимо норми трудомісткості ремонтів та оглядів на одну умовну одиницю.

Таблиця 6.2. Норми трудомісткості ремонтів та оглядів на одну умовну одиницю

Роботи	Огляд	Вид ремонту		
		П	С	К
Слюсарні	0,6	3,0	12	23
Станочні	-	0,9	3,6	8,5

Інші	-	0,5	1,8	3,5
Всього	0,6	4,4	17,4	35,0

Тоді трудомісткість капітального ремонту:

$$T_k = a \cdot n \cdot R = 35,0 \cdot 1 \cdot 1,2 = 42 \text{ год},$$

Трудомісткість середнього ремонту:

$$T_c = a \cdot n \cdot R = 17,4 \cdot 1 \cdot 1,2 = 20,88 \text{ год},$$

Трудомісткість поточного ремонту:

$$T_n = a \cdot n \cdot R = 4,4 \cdot 6 \cdot 1,2 = 31,68 \text{ год},$$

Трудомісткість огляду:

$$T_o = a \cdot n \cdot R = 0,6 \cdot 16 \cdot 1,2 = 11,52 \text{ год},$$

Річна трудомісткість ремонтів і оглядів:

$$T_p = T_k + T_c + T_n + T_o = 42 + 20,88 + 31,68 + 11,52 = 106,08 \text{ год},$$

Трудомісткість слюсарних і станочних робіт при огляді:

$$P_{сл} = 0,6 \cdot 16 \cdot 1,2 = 11,52 \text{ нормо-год},$$

$$P_{ст} = 0 \cdot 16 \cdot 1,2 = 0 \text{ нормо-год},$$

Трудомісткість слюсарних і станочних робіт при поточному ремонті:

$$P_{сл} = 3 \cdot 6 \cdot 1,2 = 21,6 \text{ нормо-год},$$

$$P_{ст} = 0,9 \cdot 6 \cdot 1,2 = 6,48 \text{ нормо-год},$$

Трудомісткість слюсарних і станочних робіт при середньому ремонті:

$$P_{cl} = 12 \cdot 1 \cdot 1,2 = 14,4 \text{ нормо-год},$$

$$P_{ct} = 3,6 \cdot 1 \cdot 1,2 = 4,32 \text{ нормо-год},$$

Трудомісткість інших видів робіт:

$$P_{np} = 106,08 - [(11,52 + 21,6 + 14,4) + (0 + 6,48 + 4,32)] = 47,76 \text{ нормо-год}.$$

Таблиця 6.3. ППР

Назва обладнання	Тип, марка	Кількість змін	Категорія складності ремонту	Ряд ремонтного циклу	Ремонтний цикл
Теплообмінник типу «труба в трубі»		1	1,2	VI	24

Таблиця 6.4.

Назва обладнання	Види ремонтних і профілактичних робіт та їх трудомісткість по місяцях, нормо-год.												Загальна трудомісткість робіт, нормо-год.			
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Всього	В тому числі:		
							I							Сл. роб	Ст. роб	Ін. роб
														.	.	.

Теплообмінник
О\11,52
П1\31,68
О\11,52
О\11,52
П2\31,68
О\11,52
О\11,52
П3\31,68
О\11,52
О\11,52
С\20,88
О\11,52
106,08
47,52
10,8
47,76

РОЗДІЛ 7. ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

Міжнародні стандарти GMP та GLP

Дотримання технічних норм, санітарно-гігієнічних правил може слугувати гарантом характеристик та якості готової продукції. Основними керуючими технологічними документами є технічні умови на продукт і технологічний регламент виробництва, які відповідають певним галузевим стандартам. Для права виходу на зовнішній ринок біотехнологічна продукція повинна відповідати, насамперед, вимогам міжнародної нормативно-технічної документації.

Технологічний регламент виробництва визначає спосіб отримання продукту і вимоги до всіх вихідних матеріалів. Технологічний регламент є власністю підприємства і являє собою комплексний документ, який включає елементи новизни технології («ноу-хау»). До його складу входять такі основні розділи: характеристика кінцевої продукції; хімічна схема виробництва; технологічна схема; апаратурна схема зі специфікацією обладнання; характеристика сировини, напівпродуктів, матеріалів, паспорт на штамподуцент, опис технологічного процесу; матеріальний баланс виробництва, переробка і знешкодження відходів виробництва, контроль виробництва; техніка безпеки, протипожежна безпека, охорона навколишнього середовища, перелік виробничих інструкцій; техніко-економічні нормативи, інформаційні матеріали.

Технічні умови на продукт як сукупність вимог до його характеристик регламентують якісні та кількісні показники і дозволяють його стандартизувати, сертифікувати, декларувати (для права виходу на зовнішній ринок).

Стратегічна спрямованість державної політики з питань біотехнології позначається в останніх законодавчих документах, де одним з основних принципів є підтримка генетично-інженерних досліджень, наукових і практичних розробок при створенні та практичному використанні генетично модифікованих організмів у господарських цілях (Закон України «Про

державну систему біобезпеки при створенні, випробуванні, транспортуванні та використанні генетично модифікованих організмів від 31.05.2007 р.).

GMP (Good Manufacturing Practice) - це єдина система вимог з контролю якості лікарських засобів з початку переробки сировини до виробництва готових препаратів, включаючи загальні вимоги до приміщень, обладнання та персоналу. З 1975 р вимоги GMP розширені і стосуються різних хімічних і біологічних речовин в індивідуальному вигляді, ветеринарних препаратів, що застосовуються в тваринництві; вихідних матеріалів для використання в дозованих формах, якщо вони включені в законодавства країн-експортерів та країн-імпортерів; і, нарешті, інформацію про безпеку та ефективність перерахованих речовин, матеріалів і препаратів.

З урахуванням видання в 1987 р керівництв Міжнародної Організації Стандартизації (ISO) серії ISO 9000-9004 по системах якості, виникла необхідність переглянути існуючі вимоги GMP. У вересні 1991 р. на спеціальній конференції з GMP (м. Москва) було представлено переглянутий проект вимог GMP, що включає три частини:

1. «Управління якістю в промисловому виробництві лікарських засобів: філософія та основні складові».
2. «Практика якісного виробництва і контроль якості».
3. «Додаткові і допоміжні спрямування».

Перша частина містить 12 розділів, що стосуються організації контролю за якістю виробництва, санітарії та гігієни, укладання контрактів, стандартних робочих методик, оформлення необхідної документації та ін.

Друга частина містить два розділи - виробництво і контроль якості. Стосовно виробництва лікарських речовин зазначено, що воно повинно спиратися на принцип чіткого дотримання методів ведення технологічного процесу відповідно до нормативно-технічної документації з метою отримання продукту необхідної якості і відповідно до дозволу на його виготовлення і продаж. Зазначено, що по можливості необхідно уникати будь-яких відхилень від методик або інструкцій. При наявності таких

відхилень необхідно узгодження, дозвіл, затвердження і підпис призначеної відповідальної особи, а при необхідності - залучення служби відділу контролю якості.

Операції з різними продуктами не повинні виконуватися одночасно і послідовно в одному і тому ж приміщенні, поки не усунено ризик перемішування або перехресного забруднення.

Доступ у виробничі приміщення повинен бути обмежений лише певним колом осіб, зайнятих у виробництві. Слід уникати виготовлення немедичної продукції в зонах і на обладнанні, призначених для виготовлення фармацевтичної продукції. При роботі з сухими матеріалами і продуктами потрібні запобіжні заходи для попередження виникнення, накопичення і розповсюдження пилу, що може призвести до перехресного забруднення виготовлених продуктів або до їх мікробного забруднення.

Перехресне забруднення може бути попереджено виготовленням кожного цільового продукту в роздільних зонах або поділом виготовлення їх в часі; забезпеченням відповідних повітряних шлюзів; носінням захисного технологічного одягу; використанням засобів ефективної деконтамінації обладнання, стін; використанням «закритих систем» виробництва.

Необхідно перевіряти правильність і надійність зчленування трубопроводів та іншого обладнання, що використовується для транспортування продуктів (матеріалів) з однієї зони в іншу. Дистильована або деіонізована вода, що надходить по трубах, повинна відповідати санітарномікробіологічними нормативам. Операції з технічного обслуговування або ремонту не повинні позначатися на якості продукції.

Контроль якості продукції стосується процесу відбору проб, проведення досліджень, документації тощо. Всі дослідження повинні проводитися згідно затверджених інструкцій для кожного матеріалу або продукту.

Відбір проб здійснюють таким чином, щоб не забруднити їх або не піддати небажаному впливу, або, щоб відібраний матеріал не був токсичним для здоров'я оператора.

Для кожної партії продукту до випуску повинна бути лабораторна документація з підтвердженням відповідності кінцевого продукту специфікаціям.

З кожної партії цільового продукту залишають проби на зберігання при рекомендованих умовах строком не менше року, що перевищує термін придатності. Проби повинні зберігатися в такій кількості, щоб можна було при необхідності провести не менше двох повторних дослідження.

Третя частина вимог GMP включає розділи про стерильні фармацевтичні продукти і практики якісного виробництва основної маси лікарських субстанцій.

Необхідно пам'ятати про те, що особи, які володіють підвищеною чутливістю до конкретного речовині, не повинні включатися в групу виконавців. Для них допустима робота у відділенні або цеху упаковки, де виключений контакт з алергеном.

Дотримання правил GMP забезпечує випуск якісних продуктів і гарантує благополуччя споживачів.

З 01.01.2002 р. правила системи GMP стали в Україні обов'язковим кодексом. Проектування і будівництво нових, розширення діючих підприємств і виробничих об'єктів повинні відповідати вимогам міжнародних стандартів, але при цьому не суперечити державному законодавству і правовим нормативним актам. Особливим розумінням для фахівців-біотехнологів є те, що нормативна документація України на різні види біотехнологічної продукції потребує гармонізації та адаптації до світових стандартів.

В умовах ринкових відносин дотримання українськими підприємствами вимог сертифікації продукції має такі переваги:

- забезпечує отримання об'єктивної інформації про якість продукції, довіру внутрішніх і закордонних користувачів;
- сприяє конкурентоспроможності продукції;
- зменшує імпорт в Україну аналогічної продукції;
- стимулює поліпшення рівня науково-технічної документації;
- сприяє підвищенню організаційно-технічного рівня виробництва та стимулює прискорення науково-технічного прогресу.

З метою організації якісного проведення доклінічних випробувань лікарських та інших біологічно активних речовин (харчових добавок, агрохімікатів та ін.) в промислово розвинених країнах (Англії, Німеччини, США, Франції, Японії та ін.) затверджені також єдині правила системи GLP (Good Laboratory Practice). Наприклад, в США система GLP діє з червня 1979 р.

Головними в такій системі є наступні основні дії:

- завчасна розробка стандартної методики проведення випробувань SOP (Standard Operating Procedure) стосовно всіх етапів виробництва;
- призначення керівника та відповідального за кожен вид випробувань;
- кожному відповідальному виконавцю доручається чітко виконувати всі операції у відведених йому межах;
- результати виконання операцій повинні бути внесені в спеціальний протокол, датовані і підписані; 2б – у разі виконання складних операцій, щоб уникнути помилок, рекомендується вдаватися до подвійної перевірки;
- в установленому порядку виконавець доповідає керівнику про хід випробувань. Керівник повинен бути компетентним у всіх справах, пов'язаних з випробуванням; – фактичні дані, записи і препарати (речовини) повинні зберігатися в повному порядку таким чином, щоб завжди можна було відшукати необхідну (необхідне);
- остаточний звіт за своїм змістом повинен відображати нові і ще не оброблені дані, а також супроводжуватися обговоренням, складеним

відповідальним виконавцем; на звіті проставляються дата і підписи (відповідального виконавця та осіб, що підтверджують зміст звіту);

– повинна бути служба якісної оцінки випробувань - QAU (Quality Assurance Unit). Особи, зайняті в цій службі, зобов'язані своєю внутрішню інспекцію проводити в установленому порядку і за необхідності видавати рекомендації, спрямовані на вдосконалення процесів проведення випробувань.

На систему GLP спираються у випадках випробування речовин на мікробну забрудненість, пірогенність, гостру, підгостру і хронічну токсичність, специфічну токсичність (канцерогенність, антигенність, лікарську залежність, мутагенність, тератогенність, цитотоксичність), на безпеку для макроорганізму при введення *in vivo* (адсорбція, розподіл, швидкість виведення, метаболізм). Також відносно лікарських препаратів проводять фармакологічні випробування з оцінкою фармакокінетики (дія досліджуваного препарату на організм) і фармакодинаміки (вивчення сили дії лікарської речовини).

У зв'язку з необхідністю проведення названих випробувань створюють спеціальні групи: загальну (у тому числі для контролю за гігієною і санітарією особового складу), мікробіологічну, метаболізму, загальних фармакологічних випробувань, загальних клінічних досліджень, патологоанатомічну, проведення експериментів на тваринах, обробки даних, з приготування проб, аналітичну, з управління дослідженням і, при необхідності, інші. На чолі кожної групи затверджується керівник, який не повинен поєднувати свої прямі обов'язки з роботою в групі інспекцій.

Дотримання вимог системи GLP має бути підкріплено досконалістю організації всіх допоміжних служб і достатнім матеріальним забезпеченням.

Схвалений препарат (речовина) після лабораторних доклінічних випробувань за системою GLP і подальшої клінічної перевірки дозволяється до випуску в умовах промислового виробництва. Для забезпечення виготовлення високої якості продукту Всесвітня Організація Охорони

Здоров'я (ВООЗ) в 1968 р. затвердила «Вимоги для практики якісного виробництва при виготовленні та контролі якості ліків і до фахівців у галузі фармації». В 1971 р. вони були видані як додаток до другого видання Міжнародної Фармакопеї.

Організація лабораторій біотехнологічного виробництва

Загальні правила безпечної роботи

Виробництво біотехнологічної продукції здійснюють на спеціальних, тільки для цих цілей призначених ділянках. Обладнання цих приміщень має забезпечувати мінімум можливого забруднення готового продукту виробництва, тобто мінімум місць скупчення пилу, подачу повітря контрольованої чистоти, підтримку підвищеного тиску повітря. За необхідністю в приміщенні підтримують певну температуру і вологість. Такі приміщення називають «чистими».

«Чистим» приміщенням або «чистою» кімнатою називається приміщення, в якому облікова концентрація аерозольних частинок і число мікроорганізмів у повітрі підтримується в суворо визначених межах. Під частинкою розуміється твердий, рідкий або багатофазний об'єкт або мікроорганізм із розмірами від 0,005 до 100 мкм. При класифікації «чистих» приміщень розглядаються частинки від 0,1 до 5 мкм. «Чисте» приміщення може містити одну або декілька «чистих» зон. «Чисті» зони можуть бути і поза «чистим» приміщенням. «Чисті» зони можуть створюватися в локальних об'ємах: ламінарні шафи, модулі, ізолятори, блоки та ін. Важливою характеристикою «чистого» приміщення є його клас. Клас «чистого» приміщення характеризується класифікаційним числом, що визначає максимально допустиму облікову концентрацію аерозольних частинок зазначеного розміру в 1 м³ повітря. Для отримання повітря з необхідними характеристиками повинні бути використані способи, що пройшли валідацію, внесені в технологічний регламент і дозволені в установленому порядку уповноваженим державним органом. Вологість і температура повітря можуть змінюватися залежно від вимог технологічного

процесу. Однак при вологості вище 50 % починається корозія металевих деталей, тому що гігроскопічні частинки поглинають із повітря стільки вологи, що стають ініціаторами корозії. При низькій відносній вологості на діелектричних металах може накопичуватися статичний заряд, а отже, можуть утримуватися частинки пилу.

Виробництво стерильних продуктів має здійснюватися в «чистих» виробничих зонах, а доступ персоналу, обладнання і матеріалів до них може відбуватися лише через повітряні шлюзи. У цих зонах має підтримуватися належний ступінь чистоти, що регламентується правилами GMP, а вентиляційне повітря, яке надходить,— проходити очищення з використанням фільтрів відповідної ефективності. Різні операції з підготовки компонентів, готування продукту і наповнення посудин повинні виконуватися в окремих зонах усередині «чистого» приміщення. Для виробництва стерильних продуктів відповідно до необхідних характеристик повітря у функціонуючому і оснащеному стані виділяють чотири класи.

«Оснащений» стан — це стан, при якому система «чистого» приміщення виробничого обладнання повністю підготовлена до роботи, але персонал відсутній.

«Функціонуючий» стан — це стан, при якому система «чистого» приміщення й обладнання функціонує в установленому режимі з певним числом працюючого персоналу.

Клас А. Локальні зони для технологічних операцій, що потребують найменшого ризику контамінації, наприклад зони приготування лікарських форм, наповнення, закупорки, розкриття стерильних ампул і флаконів, змішування інгредієнтів в асептичних умовах. Умови класу А передбачають робоче місце з ламінарним потоком повітря ($0,45 \pm 20$ %) м/с.

Клас В. Навколишнє середовище для зони А в разі приготування, наповнення первинної тари та герметизації її в асептичних умовах.

Класи С і D. «Чисті» зони для ведення технологічних операцій, які допускають більш високий ризик контамінації при виробництві стерильної продукції, що допускає стерилізацію в первинній упаковці.

Допустима кількість частинок у 1 м³ повітря «чистого» приміщення в оснащеному стані повинна досягатися після короткого періоду санітарного прибирання протягом 15—20 хв після завершення технологічних операцій за відсутності персоналу. Допустима кількість частинок для «чистої» зони класу А у функціонуючому стані має підтримуватися в зоні, що безпосередньо оточує продукцію, і коли на продукцію або відкриту ємкість впливає навколишнє середовище. Виробництво стерильної продукції в залежності від способу досягнення стерильності поділяють:

- на виробництво, що передбачає фінішну стерилізацію, при якому продукція остаточно стерилізується в герметичній первинній тарі;
- виробництво, яке здійснюють в асептичних умовах на одному або всіх етапах приготування препарату.

Для досягнення відповідних класів чистоти потрібна така кратність повітрообміну, яка враховує розмір приміщення, кількість наявного в ньому устаткування та чисельність персоналу. Для підтвердження класу чистоти зон у функціонуючому стані необхідно періодично здійснювати мікробіологічний контроль із використанням методу седиментації на пластини, добору проб як повітря, так і з поверхонь обладнання.

Вимоги до виробничих приміщень

Виробничі приміщення необхідно проектувати, розташовувати, пристосовувати, оснащувати, обслуговувати таким чином, щоб вони відповідали своєму призначенню, забезпечували можливість проведення ефективного прибирання й експлуатації для запобігання мікробної і перехресної контамінації, а також інших чинників, що можуть негативно вплинути на якість продукції. При проектуванні, будівництві й реконструкції виробничих приміщень їхнє об'ємно-планувальне вирішення і розташування устаткування мають відповідати вимогам державних будівельних норм

(ДБН) та інших законодавчих актів України. Приміщення (у тому числі виробничі, склади для зберігання, санітарно-побутові) мають бути об'єднані в окремі функціонально технологічні блоки, а за необхідності — з автономними системами інженерного забезпечення. Приміщення для виробництва мають використовуватися суворо за призначенням і бути досить просторими, щоб звести до мінімуму ризик змішування різних видів продукції, перехресне забруднення або пропуск однієї зі стадій технологічного процесу. Вони повинні містити мінімально необхідну для ведення виробничого процесу кількість устаткування. Приміщення слід розташовувати відповідно до послідовності технологічного процесу і класів чистоти. Не допускається прилягання приміщень класів чистоти А, В, С, D до зовнішніх огорожувальних конструкцій. Приміщення більш високого класу чистоти необхідно розташовувати всередині приміщень більш низького класу. «Чисті» зони треба проектувати так, щоб запобігти можливості вільного доступу до них персоналу, який спостерігає за процесом або його контролює.

Доступ персоналу і (або) надходження вихідної сировини, матеріалів, напівпродуктів і устаткування в «чисті» приміщення дозволяється тільки через повітряні шлюзи, які забезпечуються подачею стерильного повітря в напрямку «вниз». Різні операції з підготовки компонентів, приготування продукту і наповнення посудин мають виконуватися в окремих зонах усередині «чистого» приміщення. Різні двері повітряних шлюзів не можна відчиняти одночасно. Щоб запобігти відчиненню більш ніж одних дверей установлюють системи блокування або звукової сигналізації. Суміжні приміщення з іншими класами чистоти повинні мати різницю в тискові 10—15 Па. У кожному «чистому» приміщенні має функціонувати сигнальна система, що попереджує про порушення або припинення процесу подачі стерильного повітря. Стіни, підлога, стеля мають бути гладкими, легко очищатися, а сполучення стін між собою і стін із підлогою повинні мати заокруглення радіусом 300 мм, а для надійної герметизації стиків усіх

конструктивних елементів слід використовувати пружні прокладки і спеціальні будівельні герметики, що не виділяють пилу. Стіни «чистих» приміщень можуть покривати пластмасами або емалями. У «чистих» зонах усі відкриті поверхні повинні бути гладкими, непроникними і неушкодженими, щоб звести до мінімуму утворення і накопичення пилу і мікроорганізмів, а також забезпечити можливість багаторазового застосування очищувальних і дезінфікуючих засобів. Матеріали, які використовуються при оздобленні виробничих приміщень, мають бути такими, що не порошок, не горять, легко миються й стійкі до впливу дезінфікуючих речовин. Після завершення технологічних робіт приміщення слід обробляти дезінфікуючими засобами й УФ-опроміненням.

До систем комунікацій виробничих приміщень висуваються також певні вимоги: проектування систем внутрішнього водопостачання, каналізації тощо слід виконувати відповідно до діючих норм і правил. Так, трубопроводи мають бути виготовлені з нержавіючої сталі або інших корозійностійких матеріалів з урахуванням можливості їхньої стерилізації; мати нахил униз для повного стікання рідини і не містити ділянок, в яких може застоюватися рідина, що переміщається. Стаціонарні трубопроводи повинні бути чітко марковані з указівкою їхнього вмісту, а за необхідності має бути зазначений напрямок потоку. Заборонено встановлювати раковини і стоки в зонах класу А/В, в інших зонах між устаткуванням і раковиною або стоком повинні бути повітряні простори. Підлогові стоки мають бути обладнані сифонами або водяними затворами для запобігання зворотного потоку.

Приміщення для підготовки до роботи персоналу повинні бути сконструйовані як повітряні шлюзи і використовуватись таким чином, щоб забезпечити розподіл різних етапів перевдягання і тим самим звести до мінімуму можливість забруднення технологічного одягу мікроорганізмами і механічними частинками. У таких санпропускниках мають знаходитися ємкості, що закриваються, для використаного технологічного одягу, а також

мийні і дезінфікуючі засоби для миття й обробки рук. Остання частина кімнати для перевдягання в оснащеному стані повинна мати той же клас чистоти, що й зона, в яку вона веде.

Підготовка виробничих приміщень — один з найважливіших заходів щодо забезпечення чистоти і зведення до мінімуму механічних і мікробних забруднень. Під санітарною підготовкою виробничих приміщень мають на увазі комплекс заходів, що складається з вологого прибирання, дезінфекції й УФопромінення, спрямований на досягнення відповідного класу чистоти. Прибирання виробничих приміщень слід проводити щозміни, а генеральне прибирання — один раз у 5—6 днів або негайно на вимогу бактеріолога. Дезінфекція приміщень і поверхонь обладнання призводить, як правило, до зниження мікроорганізмів на 40—60 % від їх початкового вмісту. При виборі дезінфікуючої речовини необхідно враховувати не тільки її бактерицидні властивості і спектр дії, але й можливу токсичність для людини. Рекомендується під час прибирання застосовувати 2—6 %-вий розчин водню пероксиду, 1 %-вий розчин дегміну, 0,5 %-вий розчин хлорогексидину біглоконату, розчини рецептури «С4» і «Стериліум» або інші спеціальні дезінфектанти і детергенти. Однак тривале використання якогось дезінфікуючого засобу призводить до утворення стійких штамів мікроорганізмів. Тому рекомендують дезінфікуючий засіб змінювати кожні 10—14 днів або застосовувати декілька типів. Мийні та дезінфікуючі засоби, які використовуються в зонах А і В, мають бути стерильними, а для зниження мікробіологічної контамінації в недоступних місцях може бути використана фумігація «чистих» зон.

Забезпечення виробничих приміщень чистим повітрям

Повітря виробничих приміщень — потенційне джерело забруднення біотехнологічної продукції, тому його очищення є одним із ключових завдань підготовки виробництва. Рівень чистоти повітря, що знаходиться в приміщенні, визначає клас чистоти. Для отримання повітря з необхідними характеристиками мають використовуватись способи, які пройшли

валідацію, внесені в технологічний і технічний регламенти і дозволені за встановленим порядком уповноваженим державним органом. Для забезпечення виробництва стерильних препаратів стерильним повітрям використовують як звичайні системи турбулентної вентиляції, які забезпечують стерильність повітря в приміщенні, так і системи з ламінарним потоком повітря по всій площі приміщення або в певних робочих зонах. При турбулентному потоці очищене повітря містить до 1000 частинок у 1 л, при подачі повітря ламінарним потоком по всьому об'єму приміщення вміст частинок у повітрі в 100 разів менше.

Вимоги до персоналу і спецодягу

Оснащення виробництва системами з ламінарним потоком і подача в приміщення чистого й стерильного повітря ще не вирішують проблеми чистого повітря, тому що працюючий у приміщенні персонал також є активним джерелом забруднення. Тому в «чистих» виробничих приміщеннях під час роботи має перебувати мінімальна кількість робітників, передбачена відповідними інструкціями. Персонал повинен чітко знати свої індивідуальні обов'язки і бути ознайомленим із правилами НВП на своїй ділянці роботи.

Протягом однієї хвилини людина, не рухаючись, виділяє 100 тис. частинок. Ця цифра зростає до 10 млн під час інтенсивної роботи. Середня кількість мікроорганізмів, що виділяються людиною за 1 хв, досягає 1500 – 3000. Тому захист біотехнологічної продукції (особливо харчового, медичного та фармацевтичного призначення) від забруднень, джерелом яких служить людина, є однією з основних проблем технологічної гігієни; і вирішується вона, як правило, завдяки особистій гігієні співробітників і використанню технологічного одягу. Персонал, що входить у виробниче приміщення, повинен бути одягненим у спеціальний одяг, який відповідає виконуваним виробничим операціям. Технологічний одяг персоналу має відповідати класу чистоти тієї зони, в якій він працює, тобто максимально захищати продукт виробництва від частинок, що виділяються людиною. До

персоналу і технологічного одягу, призначеного для зон різних типів, висуваються такі вимоги:

Клас чистоти D. Голова має бути покритою. Слід одягти захисний костюм загального призначення з відповідним взуттям або бахілами.

Клас чистоти C. Голова покрита. Костюм із штаньми (суцільний або із двох частин), що щільно облягає зап'ястя, із високим коміром і відповідним взуттям або бахілами. Одяг і взуття не повинні виділяти ворс або частинки.

У приміщеннях класу чистоти A/B слід носити стерильний брючний костюм або комбінезон, головний убір, бахіли, маску, гумові або пластикові рукавички. Якщо це можливо, то слід використовувати одноразовий або спеціалізований технологічний одяг і взуття з мінімальним ворсовиділенням і пиломісткістю. Нижня частина штанів має бути захищеною всередину бахіл, а рукави — у рукавички. Головний убір повинен повністю закривати волосся і бути вставленим у комір костюма. Важливе значення має тканина, з якої виготовляється технологічний одяг. Вона повинна мати мінімальні ворсовиділення, пиломісткість, пилепроникність, а також повітропроникність — не нижче $300 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$, гігроскопічність — не менше 7 %, не накопичувати електростатичний заряд. За кордоном для технологічного одягу використовують тканини з поліестерних, поліпропіленових або поліалкідних волокон, в нашій країні — тканину з лавсану і бавовни (артикул 82138). Багато важить і частота зміни одягу, що залежить від кліматичних умов і пори року. За наявності кондиційного повітря одяг рекомендується міняти не рідше 1 разу на день, а захисну маску — кожні 2 год. Гумові рукавички міняють після кожного контакту зі шкірою обличчя, а також у будь-якому разі, коли виникла небезпека їх забруднення. До працівників у «чистих» зонах висуваються жорсткі вимоги відносно їх особистої гігієни та чистоти. У «чистих» приміщеннях забороняється носити наручні годинники, ювелірні вироби, косметику. Весь персонал (включаючи зайнятих складанням і технічним обслуговуванням), працюючий у «чистих» зонах, має проходити

систематичне навчання щодо правильного виробництва стерильних продуктів, гігієни й основ мікробіології.

Вимоги до технологічного процесу

Виробництво стерильних лікарських засобів здійснюється за методиками, чітко викладеними у технологічних регламентах і виробничих інструкціях, з урахуванням принципів і правил належної виробничої практики, як необхідна умова для отримання готової продукції потрібної якості відповідно до реєстраційної та ліцензійної документації. Не допускається виготовляти різні біотехнологічні продукти одночасно або послідовно в тому самому приміщенні за винятком тих випадків, коли відсутні ризик перехресної контамінації, а також можливість змішування та переплутування різних видів вихідної сировини, напівпродуктів, матеріалів, проміжної і готової продукції. Контроль у процесі виробництва, що здійснюється у виробничих приміщеннях, не повинен впливати негативно на технологічний процес і якість продукції.

На всіх стадіях технологічного процесу, включаючи стадії, що передують стерилізації, необхідно проводити заходи, які зводять до мінімуму мікробну контамінацію. Проміжки часу між початком приготування розчинів і їх стерилізацією або стерилізаційною фільтрацією повинні бути мінімальними і мати обмеження (ліміти) у часі, установлені в процесі валідації. Препарати, що містять живі мікроорганізми, забороняється виготовляти і фасувати в приміщеннях, призначених для виробництва інших продуктів.

Джерела води, устаткування для обробки води й оброблену воду потрібно регулярно контролювати на хімічну й мікробіологічну контамінацію, а також за необхідності на контамінацію ендотоксинами, щоб якість води відповідала вимогам нормативно-технічної документації. Будь-який газ, що контактує під час технологічного процесу з розчинами або іншою проміжною продукцією, має пройти стерилізаційне фільтрування. Матеріали, яким властиве утворення волокон з їхнім можливим викидом у

навколишнє середовище, як правило, не повинні застосовуватися в «чистих» приміщеннях; а при здійсненні технологічного процесу в асептичних умовах їх використання повністю забороняється. Після стадій (операцій) остаточного очищення первинної упаковки й обладнання при подальшому проведенні технологічного процесу вони мають використовуватися таким чином, щоб не відбувалася їхня повторна контамінація. Ефективність будь-яких нових методик, заміни обладнання та способів проведення технологічного процесу повинна підтверджуватися при валідації, яку регулярно повторюють за розробленими графіками. При виробництві продукції, що стерилізується в первинній упаковці, підготовку вихідної сировини і первинної упаковки, а також готування багатьох видів біотехнологічної продукції необхідно проводити в «чистих» зонах з класом чистоти не нижче D, щоб забезпечити досить низький рівень ризику контамінації частинками і мікроорганізмами, який вимагається для фільтрації і стерилізації. Якщо мікробна контамінація становить особливий ризик для продукції (наприклад, коли вона є прекрасним живильним середовищем для росту мікроорганізмів, або до стерилізації проходить досить тривалий період часу), то її виробництво має відбуватися в зоні з класом чистоти C. Фасування продукції в первинну упаковку перед остаточною стерилізацією повинне здійснюватися в зоні з класом чистоти не менше C. Якщо існує підвищений ризик контамінації продукції з навколишнього середовища (наприклад, наповнення первинної упаковки відбувається повільно або первинна упаковка має широке горло, або заповнена первинна упаковка знаходиться відкритою більше декількох секунд перед герметизацією), фасування проводять в зоні з класом чистоти A і навколишнім середовищем не менше класу C. Суспензії, емульсії та мазі необхідно виготовляти і фасувати перед остаточною стерилізацією в приміщеннях з якістю повітря, що відповідає класу чистоти C. У виробництві продукції, отримуваної в асептичних умовах, вимита первинна упаковка повинна знаходитися в «чистій» зоні з навколишнім середовищем не менше класу чистоти D. Обробка стерильної вихідної сировини і первинної

упаковки, якщо в подальшому не передбачена стерилізація або стерилізаційна фільтрація, мають здійснюватися в робочій зоні з класом чистоти А і навколишнім середовищем класу чистоти В. Приготування розчинів, що під час технологічного процесу підлягають стерилізаційній фільтрації, проводять в навколишньому середовищі з класом чистоти С. Якщо стерилізаційна фільтрація розчинів не передбачена, обробку вихідної сировини і продукції проводять в зоні з класом чистоти А при класі чистоти В навколишнього середовища. Технологічні операції з приготування і фасування продукції в асептичних умовах повинні здійснюватися на робочому місці з класом чистоти А при класі чистоти В навколишнього середовища. Передача (транспортування) не повністю закупорених первинних упаковок із продукцією, наприклад ліофілізованою, повинна до завершення процесу закупорювання проводитись або в зоні з класом чистоти А, або в герметичних передавальних пристроях у навколишньому середовищі з класом чистоти В. Приготування і фасування стерильних суспензій, емульсій, мазей і кремів мають проводитися в робочій зоні з класом чистоти А, коли їх приготування відбувається у відкритих ємкостях і не передбачена подальша стерилізаційна фільтрація.

Останнім часом намітилася тенденція до створення локальних «чистих» зон завдяки використанню новітніх технологій і обладнання, що зводять до мінімуму або виключають присутність персоналу у виробничих приміщеннях (наприклад, повністю замкнуті й автоматизовані системи). Використання ізолюючих технологій зменшує потребу в присутності людини у виробничих зонах, у результаті чого значно знижується ризик мікробної контамінації продукції, виробленої в асептичних умовах, із навколишнього середовища. Ізолюючі технології передбачають використання різних типів герметизованих систем, модулів, ізоляторів тощо, що включають спеціальні передавальні пристрої і навіть устаткування для стерилізації. Ізолятор і навколишнє його середовище мають бути спроектовані таким чином, щоб у відповідних робочих зонах досягалася необхідна якість повітря.

Вимоги до технологічного обладнання

Для створення умов, що запобігають можливому мікробному обміненню біотехнологічної продукції, важливе значення має обладнання, яке реалізує технологічні процеси і визначає низку вимог до конструкції, вибору форм, матеріалів і покриття його деталей. Виробниче обладнання не повинне негативно впливати на якість продукції. Частини або поверхні устаткування, що контактують з продукцією, виготовляються з матеріалів, які не вступають з нею в реакцію, не мають абсорбційних властивостей і не виділяють речовин в такій кількості, щоб це могло вплинути на якість продукції. Обладнання, яке використовується для роботи в «чистих» приміщеннях, має бути сконструйованим і розміщеним таким чином, щоб його експлуатацію, обслуговування та ремонт можна було б проводити за межами «чистих» зон. Воно також повинно мати пристрої для реєстрації та контролю параметрів процесу. Для уникнення забруднення ін'єкційних препаратів у процесі їх виробництва необхідно, щоб використане обладнання мало гладкі обтічні поверхні без виступів, ґрат і щілин, де можливе скупчення пилу, з відповідними аеродинамічними властивостями, що виключають утворення турбулентних потоків повітря. Прикладом одного із шляхів вирішення цих завдань є застосування сучасних автоматичних ліній ампулювання ін'єкційних препаратів. Такі потоково-автоматичні лінії мають очевидні переваги над устаткуванням, призначеним для виконання тільки однієї якоїсь операції. Використання автоматичних ліній дозволяє практично повністю виключити фізичну працю людини через застосування приладів, автоматів і машин, об'єднаних автоматичним засобом транспортування предметів праці й автоматизації всього виробничого процесу. Останнім часом у всьому світі намітилася тенденція до обмеженого об'єму зон з очищеним повітрям. Зменшення об'єму зон очищення не тільки підвищує якість оброблюваного повітря, але й найбільш доцільне з економічної точки зору. Тому проєктанти обладнання пішли шляхом створення спеціальних умов у самому устаткуванні. Це дозволяє створити особливу чистоту в

обмеженому об'ємі, безпосередньо в зоні обробки матеріалу, унаслідок чого зберігаються санітарно-гігієнічні умови у всьому виробничому приміщенні.

Вимоги до контролю якості

Кожне підприємство-виробник повинне мати незалежну службу контролю якості і контрольну (дослідну) лабораторію, штат і оснащення якої дозволяють проводити всі необхідні дослідження. Така лабораторія має бути відокремленою від виробничих приміщень та інших лабораторій (біологічної, мікробіологічної тощо). Під час технологічного процесу виробництва біотехнологічної продукції обов'язково проводять проміжний (постадійний) контроль якості, тобто після кожної технологічної стадії (операції) проводиться бракераж ампул, флаконів, гнучких контейнерів тощо, що не відповідають зазначеним вимогам. Наприклад, після розчинення (ізотонізації, стабілізації і т.п.) лікарської речовини контролюється якісний і кількісний склад, рН розчину, густина тощо; після операції наповнення перевіряється вибірково об'єм наповнення посудин тощо. Сировина, що надійшла, матеріали, напівпродукти, а також виготовлена проміжна або готова продукція відразу ж після надходження або закінчення технологічного процесу до ухвалення рішення про можливе подальше використання повинні перебувати в карантині. Готова продукція не допускається до реалізації доти, доки її якість не буде визнана задовільною. Наприклад, рідкі лікарські засоби для парентерального застосування зазвичай контролюються за такими показниками якості: опис, ідентифікація, прозорість, забарвленість, рН, супутні домішки, об'єм, стерильність, пірогени, аномальна токсичність, механічні включення, кількісне визначення діючих речовин, антимікробних консервантів і органічних розчинників. Методи оцінки якості парентеральних лікарських засобів за перерахованими параметрами подані в Державній фармакопеї України (ДФУ). Таким чином, важливими питаннями для всіх видів біотехнологічної продукції відповідної чистоти є якнайшвидше впровадження і точне дотримання належних правил

виробництва, які забезпечують захист продукції від різного роду забруднень, що гарантує високу якість вітчизняної біотехнологічної продукції.

Біологічні методи контролю якості

Біологічні методи контролю якості продукції, отриманої біотехнологічним способом, особливо харчового, медичного та фармацевтичного призначення, включають випробування на стерильність, пірогенність, аномальну токсичність, визначення загального числа життєздатних мікроорганізмів, бактеріальних ендотоксинів тощо. Методики, за якими проводять необхідні випробування, наводяться у відповідних нормативних документах – стандартах (наприклад, при виробництві продукції медичного та фармацевтичного призначення таким документом є ДФУ).

Водопідготовка

При біотехнологічному виробництві використовується велика кількість як водопровідної води питної якості, так і води знесоленої й очищеної. Питна вода повинна бути безпечна як в епідемічному відношенні, так і нешкідлива за хімічним складом і мати сприятливі органолептичні властивості. Епідемічна безпека води визначається загальним числом мікроорганізмів і числом бактерій групи кишкових паличок. За мікробіологічними показниками питна вода має відповідати вимогам нормативно-технічної документації (НТД). Як одне із джерел одержання води є природна вода, яка містить велику кількість хімічних домішок і тому її піддають спеціальному очищенню. Основною вимогою водопідготовки є використання вихідної води, що не містить або містить мінімальну кількість домішок, здатних при перегонці в апаратах утворювати твердий шар — накип. В утворенні накипу беруть участь різні речовини — основні із них кальцію і магнію гідрокарбонати, які при нагріванні розпадаються на вільну вуглекислоту і нерозчинні кальцію і магнію карбонати. Воду, що містить багато солей кальцію і магнію, називають жорсткою, а воду з незначною кількістю їх — м'якою. Повною жорсткістю називають жорсткість природної води, яка не

піддавалася нагріванню або будь-якому іншому виду зм'якшення. Під загальною жорсткістю води розуміють сумарну концентрацію солей кальцію і магнію. При нагріванні гідрокарбонати кальцію і магнію у воді розпадаються, і в осад випадають карбонати кальцію і магнію. У результаті жорсткість води зменшується, тому іноді вживається термін «усунена» або «тимчасова» жорсткість води. Жорсткість, що залишилася після кип'ятіння води протягом 1 год, називають постійною. Жорсткість води виражається в міліграм-еквівалентах (мг-екв) кальцію і магнію, що містяться в 1 л води. Воду класифікують за жорсткістю:

- дуже м'яка — 0—1,5;
- м'яка — 1,5—3;
- середня 2—6;
- жорстка — 6—10;
- дуже жорстка — більше 10.

Отже, в утворенні накипу беруть участь мінеральні солі, механічні домішки, розчинені органічні речовини, кремнезем, силікати, заліза гідрокарбонат, глинозем та інші речовини, які перед перегонкою необхідно обов'язково видалити. Таким чином, водопідготовкою називають поліпшення якості води, що надходить із вододжерела для виробничого використання. Залежно від характеру домішок і призначення води її очищення ведуть різними способами.

Видалення механічних домішок. Механічні домішки звичайно відокремлюють відстоюванням із подальшою декантацією або фільтруванням. З цією метою використовують найчастіше пісочні фільтри. Воду з високою тимчасовою і постійною жорсткістю піддають попередньому зм'якшенню, що може здійснюватися методами осадження та іонного обміну.

ВИСНОВКИ

1. Існуючі лінії неперервної стерилізації рідких поживних середовищ великої продуктивності працюють із значними витратами енергоресурсів. Підвищити ефективність такого устаткування можливо шляхом раціонального компонування ліній і використання в якості основи поживного середовища вторинних матеріальних ресурсів, зокрема меляси.

Перевага запропонованої схеми полягає у підвищенні продуктивності обладнання при більш щадному впливі на продукт, зменшенні витрат пари та спрощеному очищенні лінії.

2. Під час перебування розчину меляси у витримувачі з паровим обігрівом забезпечується рівномірний розподіл температури в об'ємі апарату, що позитивно впливає на знищення сторонньої мікрофлори.

3. Найбільші напруження і деформації, спричинені впливом надлишкового тиску пари, продукту та підвищених температур, виникають у місцях зварних швів корпусу витримувача, паровій оболонці та місцях приєднання патрубків. Значення максимальних напружень ($1,343 \cdot 10^7$ Па) не перевищують границю текучості матеріалу обладнання.

4. Для охолодження стерильного поживного середовища на основі меляси доцільно використовувати теплообмінник «труба в трубі». Це покращує перебіг теплових процесів у достатньо в'язкому поживному середовищі, яке до того ж містить 10% сухих речовин, схильних до кристалізації, порівняно з традиційними пластинчастими установками.

5. Отримано адекватне рівняння регресії, яке демонструє вплив температури продукту на вході в теплообмінник $T_{np.vx}$ і тиску P на температуру продукту на виході з апарата:

$$T_{np.vyx} = 66.39 - 0.71 \cdot T_{np.vx} - 0.00025 \cdot P + 0.0000045 \cdot P \cdot T_{np.vx}.$$

Для досягнення заданих значень температури розчину меляси на виході з теплообмінника 28 °С потрібно забезпечити температуру продукту на вході 59 °С і тиск 225489 Па.

6. Втрати тиску по довжині розглянутого теплообмінника становлять 307 Па. Ця залежність з коефіцієнтом кореляції 0,987 апроксимована лінійним рівнянням і може бути використана для обчислення втрати тиску в теплообміннику при збільшенні або зменшенні кількості його секцій:

$$\Delta P = 237268 - 15,205 \cdot l.$$

Список використаної літератури

1. Муравицкая Л.В. Технохимический контроль пивоваренного и безалкогольного производства и основы управления качеством продукции.- М.:Агропромиздат, 1987. — 256 с.: ил. — (Учебники и учеб. пособия для учащихся техникумов).
2. Попов В.И. Технологическое оборудование предприятий бродильной промышленности/ В. И. Попов, И. Т. Кретов, В. Н. Стабников.-М.:Пищевая пр.-ть. 1972-591с.
3. Чубик И. А. Справочник по теплофизическим характеристикам пищевых продуктов и полуфабрикатов/ Чубик И.А., Маслов А.М.-М.:Пищевая пр.-ть.1970-184с.
4. Балашов В.Е. Практикум по расчету технологического оборудования для производства пива и безалкогольных напитков.-М.: Агропромиздат.1988-188с.
5. [Колосков, С.П.](#); Оборудование спиртовых заводов/ [Колосков, С.П.](#); [Яровенко, В.Л.](#); [Стабников, В.Н.](#)-М.:Пищевая пр.-ть.1975-395с.
6. Павлов К. Ф.Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологи/ Павлов К. Ф., Романков П. Г., Носков А. А.- Л.:Химия. 1987.-576с.
7. Сегеда Д.Г., Дашевский В.И. Охрана труда и пищевой промышленности.- М:Легкая и пищевая пр.-ть, 1983-344с.
8. Процеси і апарати харчових виробництв. Курсове проектування: Навч.посіб./За ред. Проф. І.Ф.Малежика.- К.: НУХТ, 2012.-543с.
9. Головей О.П. , Гуляев В.М. Конспект лекцій з дисципліни «Асептика біотехнологічних виробництв» освітньопрофесійної програми другого (магістерського) рівня вищої освіти зі спеціальності «Біотехнології та біоінженерія» – Кам'янське, ДДТУ, 2017 р., 140 с.
10. Мікульонок І. О. Виготовлення, монтаж та експлуатація обладнання хімічних виробництв: НТУУ «КПІ», 2012. – 419 с.: іл. – Бібліогр.: с. 413–415.
11. Мельничук М.Д., Кляченко О.Л., Бородай В.В., Коломієць Ю.В. Загальна (промислова) біотехнологія: навчальний посібник – Київ: ФОП Корзун Д.Ю., 2014. - 252 с.

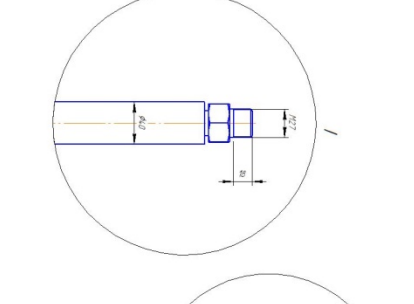
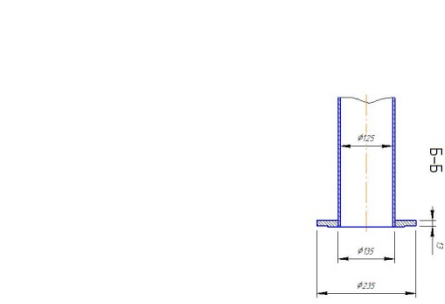
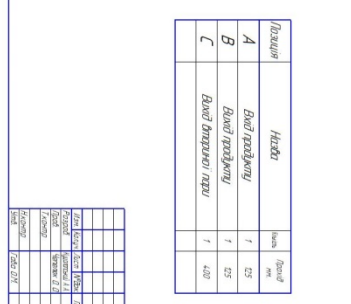
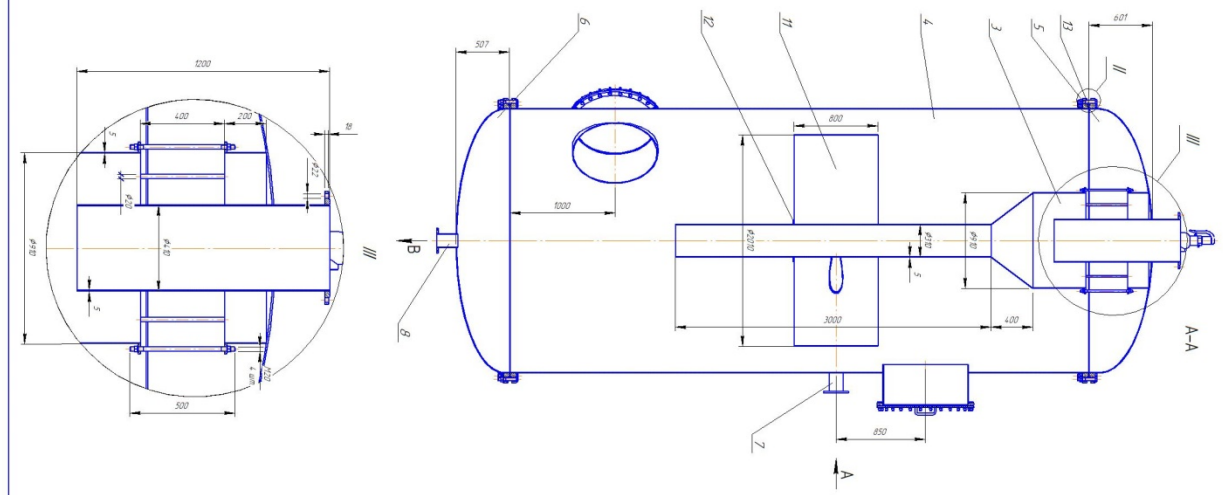
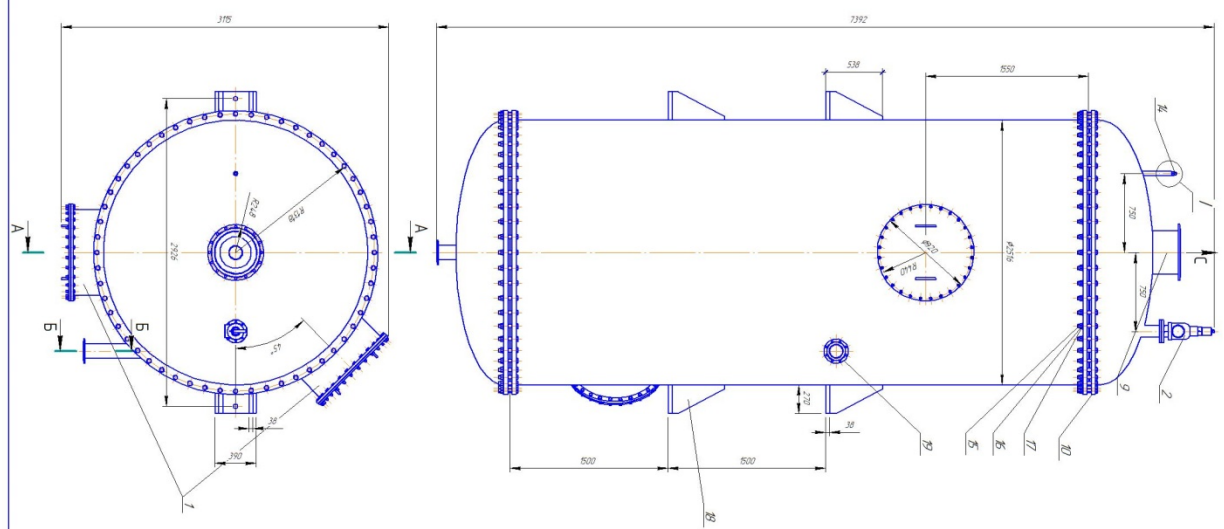
12. An Introduction to Flow Analysis Applications with SolidWorks Flow Simulation, Student Guide. URL: https://www.solidworks.com/sw/docs/Flow_Sim_StudentWB_2011_ENG.pdf

(дата звернення: 04.11.2020)

13. Обладнання технологічних процесів фармацевтичних та біотехнологічних виробництв : навч. посіб. для студ. напрямку "Фармація" і "Біотехнологія" ВНЗ / М. В. Стасевич, А. О. Милянч, І. О. Гузьова, І. Р. Бучкевич, Р. Я. Мусянович; ред.: В. П. Новіков; Нац. ун-т "Львів. політехн." , Нац. фармац. ун-т. - Вінниця : Нова Книга, 2012. - 407 с. - Бібліогр.: с. 404-407 - укр.

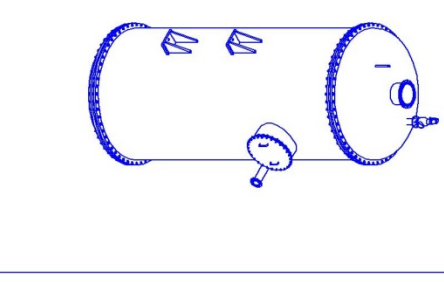
14. Паросепаратор URL: <https://www.agro-mash.ru/paroseparator.html> (дата звернення: 13.12.2020)

Изд. № 001
Дата и дата
Всего листов №



Диаметр	Материал	Вид
A	1	С25
B	1	С25
C	1	420

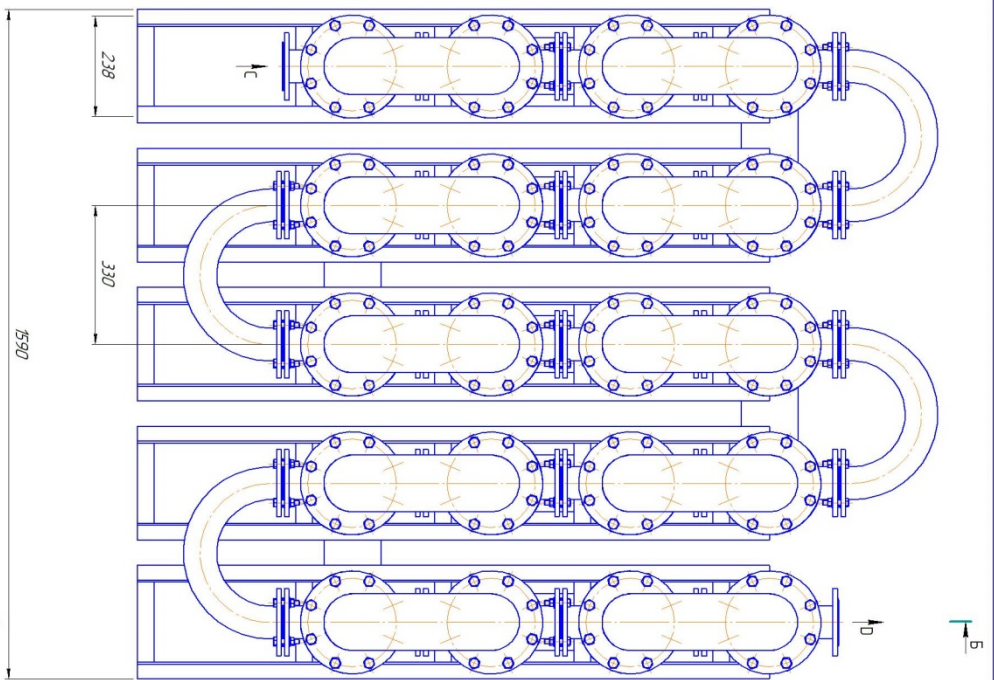
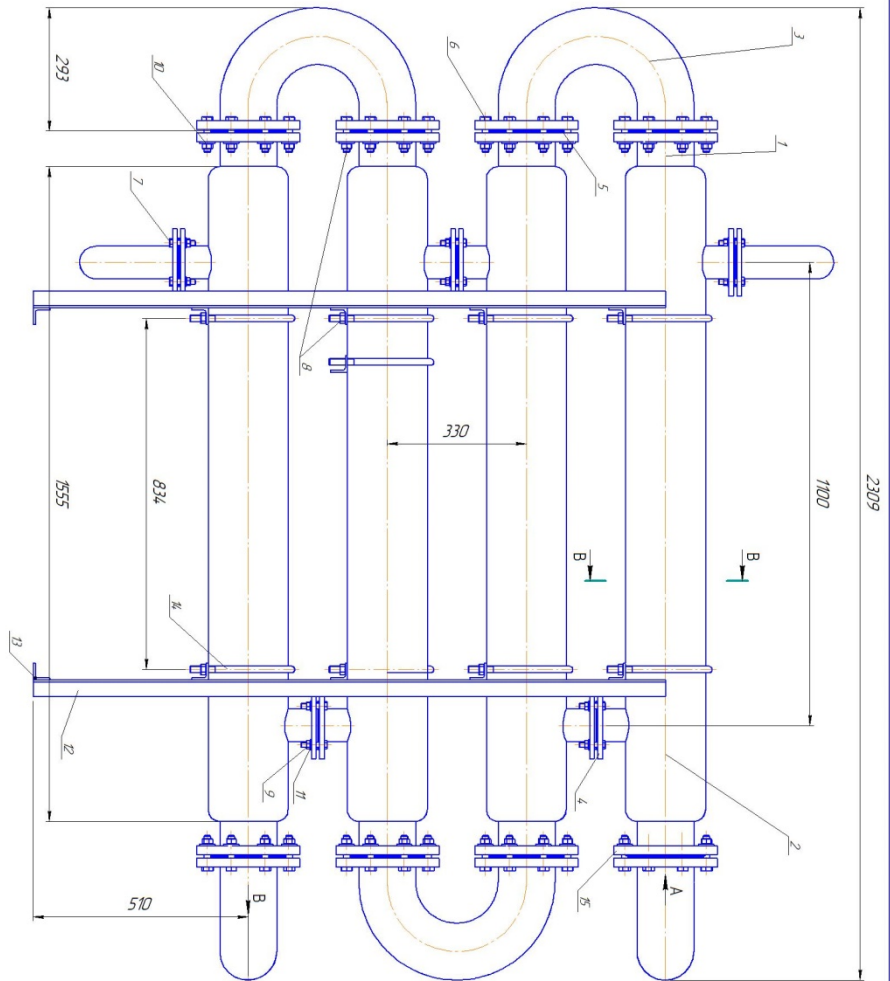
ИСО5451:НР.04.05.000.00002К
Лапароскоп
Складные крепления
ИЗУТ ОФ-2-6И
ИЗУТ ОФ-2-6И



Инд. № табл. Табл. в сборе. Штамп и дат.

Позв.	Назва	Кільк.	Матеріал	Товщина
1	Вигирішня труба	20		
2	З'єднучня труба	20		
3	Коліно	8		
4	Фланець	46		
5	Прокладка	63		
12	Кутник	20		4-800 мм
14	Хвостик	40		
9	Гайка	92		
13	Кутник	50		4-270 мм

Познач.	Назва	Кільк.	Прим.
A	Вид проєкції	1	125
B	Вид проєкції	1	125
C	Вид проєкції	1	75
D	Вид проєкції	1	75



1505451.МР.04.06.00.000000К
 Інженерський проєкт
 Трубої в проєкті
 Складових елементів

ІНСТ 004-2-61
 2018

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Документация</u>						
A1			150545.MP.04.04.00.000	Складальне креслення		
<u>Сборочные единицы</u>						
	1		150545.MP.04.04.01.000	Парова оболонка	1	
	2		150545.MP.04.04.02.000	Циліндрична обідчайка	1	
	3		150545.MP.04.04.03.000	Кришка конусна	1	
	4		150545.MP.04.04.04.000	Днище конусне	1	
<u>Детали</u>						
	3		150545.MP.04.04.00.001	Патрубок	1	d=125 мм
	6		150545.MP.04.04.00.002	Патрубок	2	d=80 мм
	7		150545.MP.04.04.00.003	Фланець	1	d=135 мм
	8		150545.MP.04.04.00.004	Фланець	2	d=90 мм
	9		150545.MP.04.04.00.005	Фланець	4	d=910 мм
<u>Стандартные изделия</u>						
	5		150545.MP.04.04.00.006	Болт М27х100 ГОСТ 15589-70	48	
	11		150545.MP.04.04.00.007	Гайка М27-6Н.155 ГОСТ 22354-77	48	
	12		150545.MP.04.04.00.008	Шайба 27 ГОСТ 22355-77	48	
	13		150545.MP.04.04.00.009	Опора 1-100000 ГОСТ 26-01-153-82	2	
150545.MP.04.04.00.000.SK						
Изм. Лист		№ докум.		Подп.		Дата
Разраб.		Кущопальский А.А.				
Проб.		Чепеляк О.О.				
Н.контр.						
Утв.		Гайда О.М.				
				Витримувач		Лит.
				Складальне креслення		Лист
				НУХТ 0Ф-2-6М		Листов
						1

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание																									
<u>Документация</u>																															
A1			150545.MP.04.05.00.000	Складальне креслення																											
<u>Сборочные единицы</u>																															
		1	150545.MP.04.05.01.000	Каплеуловлювач	1																										
		2	150545.MP.04.05.02.000	Кільцевий розподільник маси	1																										
		3	150545.MP.04.05.03.000	Циліндрична обичайка	1																										
<u>Детали</u>																															
		4	150545.MP.04.05.00.001	Кришка	1																										
		5	150545.MP.04.05.00.002	Днище	1																										
		6	150545.MP.04.05.00.003	Патрубок	2	d=125 мм																									
		7	150545.MP.04.05.00.004	Патрубок	1	d=400 мм																									
		8	150545.MP.04.05.00.005	Фланець	2	d=135 мм																									
		9	150545.MP.04.05.00.006	Фланець	2	d=2516 мм																									
<u>Стандартные изделия</u>																															
		2	150545.MP.04.05.00.007	Болт М30х170 ГОСТ 15591-70	112																										
		11	150545.MP.04.05.00.008	Гайка М30-6Н ГОСТ 15521-70	112																										
		12	150545.MP.04.05.00.009	Шайба С.30.37 ГОСТ 11371-78	112																										
		13	150545.MP.04.05.00.010	Лок 2-800-0,3-1 ГОСТ 26-2002-83	2																										
		14	150545.MP.04.05.00.011	Опора 1-100000 ГОСТ 26-01-153-82	4																										
		15	150545.MP.04.05.00.012	Шпилька М20х15-6х500 ГОСТ 22043-76	8																										
		16	150545.MP.04.05.00.013	Гайка М20-6Н ГОСТ 15521-70	8																										
			150545.MP.04.05.00.000.SK																												
			<table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подп.</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td>Разраб.</td> <td></td> <td>Куцопольский А.А.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Проб.</td> <td></td> <td>Чепельюк О.О.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Н.контр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Утв.</td> <td></td> <td>Габа О.М.</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Разраб.		Куцопольский А.А.			Проб.		Чепельюк О.О.			Н.контр.					Утв.		Габа О.М.		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата																											
Разраб.		Куцопольский А.А.																													
Проб.		Чепельюк О.О.																													
Н.контр.																															
Утв.		Габа О.М.																													
			Паросепаратор Складальне креслення			<table border="1"> <tr> <td>Лит.</td> <td>Лист</td> <td>Листов</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>1</td> </tr> </table>	Лит.	Лист	Листов			1																			
Лит.	Лист	Листов																													
		1																													
			НУХТ ОФ-2-6М																												
			Копировал		Формат А4																										

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
A1			150545.MP.04.06.00.000	Складальне креслення		
<i>Детали</i>						
Справ. №	1		150545.MP.04.06.00.001	Внутрішня труба	20	
	2		150545.MP.04.06.00.002	Зовнішня труба	20	
	3		150545.MP.04.06.00.003	Коліно	19	d=125 мм
	4		150545.MP.04.06.00.004	Коліно	4	d=65 мм
	5		150545.MP.04.06.00.005	Фланець	78	d=135 мм
	6		150545.MP.04.06.00.006	Фланець	48	d=78 мм
	7		150545.MP.04.06.00.007	Прокладка	38	d=125 мм
	8		150545.MP.04.06.00.008	Прокладка	23	d=65 мм
	9		150545.MP.04.06.00.009	Патрубок	40	
<i>Стандартные изделия</i>						
Взам. инв. №	10		150545.MP.04.06.00.010	Болт М16х75 ГОСТ 15586-70	304	
	11		150545.MP.04.06.00.011	Болт М12х55 ГОСТ 15589-70	92	
	12		150545.MP.04.06.00.012	Гайка М16-6Н ГОСТ 15521-70	304	
	13		150545.MP.04.06.00.013	Гайка М12-6Н ГОСТ 15521-70	92	
	14		150545.MP.04.06.00.014	Шайба 16 ГОСТ 22355-77	304	
	15		150545.MP.04.06.00.015	Шайба 12 ГОСТ 22355-77	92	
	16		150545.MP.04.06.00.016	Кутник 40х40х5 ГОСТ 8509-93	50	l=270 мм
	17		150545.MP.04.06.00.017	Кутник 40х40х5 ГОСТ 8509-93	20	l= 1500 мм
	18		150545.MP.04.06.00.018	Хомут 190 Ст0 ГОСТ 24137-80	40	
150545.MP.04.06.00.000.СК						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.		Кущопальский А.А.			Лит.	Лист
Пров.		Чепеляк О.О.				Листов
Н.контр.						1
Утв.		Гада О.М.			НУХТ ОФ-2-6М	
Копировал					Формат А4	

**The 8th International Conference
for Students**

“STUDENT IN BUCOVINA”

November, 15th- 16th, 2018

STUDENT IN BUCOVINA
ABSTRACTS

*Faculty of Food Engineering,
Stefan cel Mare University of Suceava, Romania*

Under the patronage of:
Ministry of National Education (Romania)

www.fia.usv.ro

ISSN 2068 - 7648

INCREASE THE OPERATING EFFICIENCY OF THE EQUIPMENT FOR THE LIQUID NUTRIENT MEDIUM STERILIZATION

Students: Yelyzaveta FOMENKO, Andriy KUCOLAPSKIY
Coordinating Professor: As. Prof. Ph.D. Olena CHEPELIUK
National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

Abstract:

The irrelevant microflora in liquid nutrient media suppresses the growth of the culture of microorganisms, as well as changes the composition and properties of the nutrient medium, so it needs to be sterilized. Existing machine-and-apparatus schemes are quite energy-consuming and difficult to maintain, so increasing their efficiency is an urgent task. The feature of the proposed scheme of continuous sterilization of a liquid nutrient medium based on molasses with a productivity of 25 m³/h is the use of two contact heads, one of which is heated by the secondary vapor, and a tubular heat exchanger to cool sterile nutrient medium.

Thermal and hydrodynamic processes that occur during processing, are simulated in the Flow Vision software system. The results of the computational experiment conducted in the Flow Vision software system indicate that the product speed through pipelines is on average 1.1 m/s and is sufficient to provide the desired productivity at moderate costs of transportation.

For the considered scheme, the rational values of heat carriers temperatures required to achieve the desired product temperatures during its sterilization and cooling were determined. So, the heating steam temperature should be 132 °C, the temperature of the cooling water should be 15 °C.

Keywords: *heat, molasses, nutrient medium, speed, sterilization, temperature.*

Міністерство освіти і науки України

Національний університет харчових технологій

85
Ювілейна Міжнародна
наукова конференція молодих
учених, аспірантів і студентів

"Наукові здобутки молоді –
вирішенню проблем
харчування людства у ХХІ
столітті"

присвячена 135-річчю Національного
університету харчових технологій

11–12 квітня 2019 р.

Частина 2

Київ НУХТ 2019

49. Підвищення ефективності роботи обладнання для стерилізації рідких поживних середовищ

Єлизавета Фоменко, Андрій Куцоланський, Олена Чепелюк

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

Вступ. Стороння мікрофлора в поживному середовищі пригнічує ріст культури мікроорганізмів, змінює його склад і властивості. Підвищення ефективності устаткування для стерилізації рідких поживних середовищ є актуальним завданням.

Матеріали і методи. Розглянута схема неперервної стерилізації рідких поживних середовищ на основі м'яса продуктивністю 25 м³/год. Теплові та гідродинамічні процеси, які відбуваються під час оброблення, промодельовані у програмному комплексі Flow Vision.

Результати. Існуючі машинно-апаратні схеми стерилізації рідких поживних середовищ є досить енерговитратними і складними в обслуговуванні. Для усунення цих недоліків запропонована схема безперервної стерилізації (рис.1), до складу якої входять ділянки підготовки поживного середовища, його безпосередньої стерилізації та охолодження.

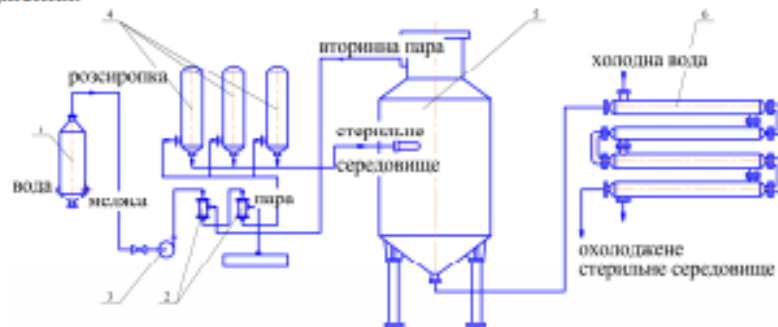


Рис.1. Машинно-апаратна схема стерилізації рідких поживних середовищ

Особливостями схеми є використання двох контактних головок, одна з яких обігрівается екстрапарою, та теплообмінника «труба в трубі» для охолодження стерильного поживного середовища.

Завдяки використанню запропонованої схеми можливо нагріти поживне середовище від початкової температури 10°C до температури стерилізації 120°C, витримати протягом заданого часу і охолодити, витративши 318 кДж/кг. Це на 2,3% менше, ніж в існуючих схемах. Результати обчислювального експерименту, проведеного у програмному комплексі Flow Vision, свідчать, що швидкість руху продукту по трубопроводах в середньому становить 1,1 м/с і є достатньою для забезпечення заданої продуктивності при помірних витратах на транспортування. Для схеми, що розглядається, визначені раціональні значення температур теплоносіїв, необхідні для досягнення заданих температур продукту під час його стерилізації та охолодження. Так, температура грючої пари має становити 132 °C, температура охолоджуючої води 15 °C.

Висновки. Перевага запропонованої схеми полягає в швидкому досягненні стерильності, що дає можливість збільшити продуктивність обладнання; підвищенні виходу цільових продуктів завдяки мінімальній деструкції поживних речовин середовища; меншій витраті пари та спрощеній санітарній обробці.