

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого

Кафедра машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

(підпис) Сергій Блаженко
(ім'я та прізвище)

(підпис) Олександр Гавва
(ім'я та прізвище)

«___» _____ 2023р.

«___» _____ 2023р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

зі спеціальності 133«Галузеве машинобудування»

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Інжиніринг фармацевтичних та біотехнологічних виробництв

на тему: Удосконалення системи краплеутворення апарату дистиляції "LETZNER" продуктивністю за чистою парою 400 кг/год

Виконав: здобувач 2 курсу, групи 6М

Прокоп Андрій Олегович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник Чепелюк Олена Олександрівна

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

Рецензент проф. МIRONЧУК В.Г.

(ім'я та прізвище)

(підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2023 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
 Інститут ННІТІ 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 проф. Гавва О.М

“ ” 2023 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Прокоп Андрій Олегович

(прізвище, ім'я, по батькові)

- Тема роботи Удосконалення системи краплеутворення апарату дистиляції “LETZNER” продуктивністю за чистою парою 400 кг/год

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

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

затверджені наказом закл. вищої осв. від “02” листопада 2022 року № 794-кс

- Строк подання здобувачем роботи 07 лютого 2023 р.
- Вихідні дані до роботи технічний паспорт обладнання;
кресленики обладнання; навчальна нормативна та спеціальна література
- Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) анотація,
зміст; вступ, порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі, об'єкт і
методика досліджень, результати моделювання; опис запропонованого
технічного рішення, принцип роботи, вибір конструкційних матеріалів,
розрахункова частина, машинобудування, вимоги до монтажу, ремонту та
експлуатації, опис системи управління, охорона праці, висновки, список
використаної літератури, додатки
- Перелік графічного матеріалу
Установка для водопідготовки (1 лист А1), випарна колона (1 лист А1),
краплеуловлювач випарної колони (1 лист А1), конденсатор, (1 лист А1),
деталювання установки для водопідготовки (2 листи А1), технологія
машинобудування (1 лист А1), науково-дослідна робота (3 листи А1)

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання

2 листопада 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Анотація, зміст	15.11.22	Виконано
2	Вступ	20.11.22	Виконано
3	Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі	05.12.22	Виконано
4	Об'єкт і методика досліджень	10.12.22	Виконано
5	Результати моделювання	20.12.22	Виконано
6	Опис запропонованого технічного рішення, принцип роботи	25.12.22	Виконано
7	Вибір конструкційних матеріалів	10.01.23	Виконано
8	Розрахункова частина	15.01.23	Виконано
9	Технологія машинобудування	18.01.23	Виконано
10	Вимоги до монтажу, ремонту та експлуатації	20.01.23	Виконано
11	Опис системи управління	22.01.23	Виконано
12	Охорона праці	24.01.23	Виконано
13	Висновки	26.01.23	Виконано
14	Список використаної літератури	28.01.23	Виконано
15	Графічна частина: 10 аркушів	28.01.23	Виконано
16	Подача МР на кафедру	01.02.23	Виконано

Здобувач

(підпис)

Прокоп А.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Чепелюк О.О.

(прізвище та ініціали)

Анотація

Кваліфікаційна робота на тему: «Удосконалення системи краплеуловлення апарату дистиляції “LETZNER” продуктивністю за чистою парою 400 кг/год» виконаний згідно виданого завдання.

Цей дипломний проект присвячений модернізації апарату водопідготовки за допомогою зміни стандартного краплеуловлювача на більш ефективний, що включає в себе спеціальні конусні вставки. Зменшення площі прохідного перерізу призводить до зменшення швидкості паро-рідинної суміші, що дає можливість відділяти краплі води від пари за рахунок гравітаційного осадження. Зміна напрямку руху потоку забезпечує додаткове відділення крапель за рахунок сил інерції.

Цей проект містить аналіз сучасного обладнання для підготовки води для ін'єкцій, обґрунтування доцільності модернізації обраного апарату, науково-дослідну роботу, що це підтверджує, розрахунки проектного обладнання та технології складання вузла установки, підбір конструкційних матеріалів для вузлів та деталей обладнання, а також опис ремонту, монтажу, експлуатації, охорони праці та техніки безпеки при роботі з установкою. Проект обґрунтовано з точки зору маркетингу і ринкових потреб.

Метою дослідження є збільшення ефективності роботи установки дистиляції.

Об'єктом дослідження процес руху паро-рідинної суміші у сепараторі-краплевловлювачі

Предметом дослідження удосконалена конструкція пристрою краплеуловлення випарної колони і параметри його роботи.

Ключові слова: випарювання, вода, пара, очищення, водопідготовка

Abstract

Qualification work on the topic: "Improvement of the droplet collection system of the "LETZNER" distillation apparatus by productivity with clean steam 400 kg/h" was completed according to the issued task.

This diploma project is dedicated to the modernization of the water treatment device by changing the standard drip catcher to a more efficient one, which includes special conical inserts. A decrease in the cross-sectional area leads to a decrease in the velocity of the vapor-liquid mixture, which makes it possible to separate water droplets from steam due to gravitational sedimentation. Changing the flow direction provides additional droplet separation due to inertial forces.

This project includes an analysis of modern equipment for the preparation of water for injections, justification of the feasibility of upgrading the selected apparatus, scientific research work that confirms this, calculations of the designed equipment and assembly technology of the installation unit, selection of construction materials for the units and parts of the equipment, as well as a description repair, installation, operation, labor protection and safety techniques when working with the installation. The project is justified from the point of view of marketing and market needs.

The aim of the study is to increase the efficiency of the distillation unit.

The object of research is the process of movement of a vapor-liquid mixture in a separator-droplet catcher

The subject of the study is the improved design of the droplet capture device of the evaporating column and its operation parameters.

Key words: evaporation, water, steam, cleaning, water preparation

Зміст

Анотація_____	4
Зміст_____	6
Вступ_____	7
1. Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування напрямку дослідження_____	9
2. Розробка нового технічного рішення об'єкту дослідження_____	24
3. Дослідна частина та узагальнення результатів_____	26
4. Устрій та принцип роботи модернізованого об'єкту проектування_____	37
5. Розрахункова частина_____	41
6. Підбір конструкційних матеріалів_____	57
7. Технологія машинобудування_____	59
8. Правила монтажу, та технічного сервісу модернізованого Обладнання_____	67
9. Принципи автоматизованого управління об'єктом проектування_____	69
10. Заходи з охорони праці_____	76
11. Заходи з охорони довкілля_____	89
Висновки_____	99
Список використаних джерел_____	100
Додатки_____	103

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Чепелюк О.О.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Прокоп А.О.	Назва, додаткова назва Зміст	192093.MP.03.000.ПЗ				
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/1	

Вступ

Виготовлення лікарських засобів пов'язано з застосуванням великих кількостей рідин, необхідних для розчинення або вилучення біологічно активних речовин.

До розчинників відносяться речовини, що відповідають наступним вимогам: мають добру розчинність, неагресивні до речовини, що розчиняються та апаратури, мінімально токсичні та вогненебезпечні, доступні та мають низьку вартість. Екстрагент повинен мати: виборчу розчинність; володіти високими дифузійними здібностями, що забезпечуватиме гарне проникнення його через стінки клітин, здатність перешкоджати розвитку в витяжці мікрофлори, летючість, низьку температуру кипіння.

Відповідно до хімічної класифікації всі розчинники і екстрагенти поділяються на неорганічні і органічні.

Серед неорганічних сполук у найбільше значення має вода. Вона є одним із ключових елементів забезпечення якості кінцевої продукції і використовується у фармації з різною метою: як допоміжна речовина в складі лікарських засобів і як розчинник для підготовки препаратів до застосування, як розчинник при синтезі активних фармацевтичних інгредієнтів (АФІ) і виробництві лікарських засобів, як очищувальний засіб для промивки й очищення обладнання та первинних пакувальних матеріалів.

Якість води для фармацевтичних цілей безпосередньо залежить від хімічного складу та домішок, які становлять небезпеку (механічні та колоїдні частинки, мікроорганізми, бактеріальні ендотоксини). Вода та її домішки здатні реагувати з активними субстанціями, допоміжними матеріалами, первинною упаковкою ЛЗ із утворенням небезпечних для здоров'я речовин.

Відповідальна	Технічне узгодження	Вид документа		Статус документа			
Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назва		192093.MP.03.000.ПЗ			
	Документ затверджено			Інд.	Дата	Мова	Арку
		Вступ					

Значна частина цих речовин видаляється на стадії отримання питної води. Однак вода для фармацевтичних цілей повинна відповідати особливим вимогам, які обумовлені її широким використанням у виробництві лікарських засобів, а також на різних стадіях процесу: для отримання пари, миття та закупорювання тари, санітарної обробки, використання в стерилізаторах, у проведенні аналізів.

Багатогранність сфер використання води визначає існування різних критеріїв якості і, відповідно, застосування різних методів її очищення.

В залежності від того з якою метою використовується вода до її якості застосовуються різні вимоги. Вимоги до якості води залежать від її призначення і встановлені у фармакопейних вимогах.

Фармацевтичні препарати, що застосовуються перорально або вводяться в кров, повинні бути стерильними та повністю безпечними в плані мікробіології. Тому до очищення води для виробництва медикаментів висуваються дуже високі вимоги. Виробництво та контроль якості води, що використовують при виробництві лікарських засобів, входять до сфери дії належної виробничої практики.

Слід також зазначити, що сфера застосування води залежить не тільки від її якості, але й від способу виготовлення. Особливо жорстко регламентується якість води у високотехнологічних виробництвах. Так, у фармацевтичній промисловості встановлюються норми до води двох класів чистоти: води очищеної та води для ін'єкцій.

1. Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування напрямку дослідження

Вступ

В фармацевтичному виробництві вода очищена є вихідною при отриманні води для ін'єкцій. Ця вода повинна задовольняти вимогам щодо іонної, органічної та хімічної чистоти, а також мікробіологічної чистоти. Оскільки вона одержується з води питної, до очищення цієї води додається підготовка, яка може містити кілька етапів, щоб позбутися домішок таких як механічні частинки, органічні речовини, мікроорганізми, колоїди та розчинені хімічні сполуки.

Підігрів та термостатизування

Для забезпечення підтримки температури води в заданих межах є особливо важливим. Для підтримки цієї температури застосовують теплообмінники із використанням різних видів енергоносіїв. Щоб автоматично забезпечити вимірювання температури води, потрібно використовувати температурні датчики. Також треба пам'ятати, що поверхня, стикаючись із водою, не повинна погіршувати її якість.

Груба фільтрація

Для грубої фільтрації використовується устаткування з піщаним набиванням. Розміри частинок, які видаляються з води, мають бути більше 80-100 мкм. Вибір піску залежить від результатів аналізу води з урахуванням сезонних змін. Необхідно періодично промивати фільтри та контролювати їх справність за різницею тиску води до і після фільтра.

Відповідальна	Технічне узгодження	Вид документа		Статус документа			
Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назва	192093.MP.03.001.ПЗ				
	Документ затверджено	Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і	Інд.	Дата	Мова	Арку	

Пом'якшення

Автоматичний пом'якшувач дозволяє знизити жорсткість води, замінюючи іони кальцію і магнію іонами натрію. Для цього використовуються розчини хлориду натрію, які періодично регенеруються. Щоб слідкувати за ефективністю роботи пом'якшувача, проводяться періодичні вимірювання жорсткості води на вході і на виході.

Фільтрація

Фільтрація відіграє найважливішу роль у системах очищення води. Існує широкий діапазон фільтрів для різних застосувань. Фільтри з активованим вугіллям є популярними у фармацевтиці, оскільки вони видаляють органічні речовини і знебарвлюють воду. Активоване вугілля, імпрегноване сріблом, використовується також для застереження мікробіологічного росту.

Дистиляція

Дистиляція - традиційний, ефективний і надійний метод очищення води. Його використовують для отримання чистої води. Устаткування для дистиляції становить порівняно невелику вартість, але приготування дистиляту вимагає витрачання енергії - зазвичай 1 кВт на 1 літр. Дистильована вода має високий опір і зберігає стерильність, якщо дотримуватися правил зберігання. При звичайних дистиляторах воду не очищують від вуглекислого газу, сполук кремнію і органічних залишків.

Одноразова дистиляція неекономічна, бо витрачає дуже багато енергії на нагрівання і випаровування води, а також на конденсацію пари. Придатна для малих потреб води - до 10-20 л на годину.

Багатоколонні дистилятори, більш ефективні і економічні ніж звичайні, працюють за принципом різниці температур і тисків. Перша колона нагрівається, а отриманий пар охолоджується в дистиляті. Ці процеси повторюються до останньої колони, де пар охолоджується холодною водою. Збільшуючи число колон, можна посилити ефективність та зменшити витрати пари.

Іонний обмін

Іонний обмін - це ефективний метод для очищення води від аніонів та катіонів. Принцип цього процесу базується на використанні іонітів - сітчастих полімерів. Іонообмінні смоли можна поділити на аніонообмінні та катіонообмінні, залежно від того, який заряд іонів вони можуть обмінювати. За допомогою цього процесу можна отримати воду очищену від аніонів та катіонів.

Іонообмінне очищення води є засіб скорочення мінералізації води. Існує чотири основні типи іонообмінних смол: сильнокислотні, слабокислотні катіонообмінні смоли, сильноосновні і слабоосновні аніонообмінні смоли. Іонообмінні апарати можуть бути зі роздільним шаром катіоніту і аніоніти або зі змішаним шаром. У першому випадку дві послідовно розташовані колони заповнені відповідні іонообмінними смолами, а в другому – одна колона зі змішаним шаром. Іонообмінний метод має малі капітальні витрати, простоту і відсутність обмежень у досягненні продуктивності. Він може бути використаний при слабкій мінералізації води, очистка одного м.куб. води буде вимагати близько 5 л 30% розчину соляної кислоти і 4 л 50% розчину лугу.

Іонообмінна технологія має ряд недоліків, які ускладнюють її використання: наявність хімічно агресивного реагентного середовища, високі експлуатаційні витрати на його придбання і зберігання, потреба частоті регенерації для відновлення обмінної здатності, велика кількість хімічно агресивних стічних вод після регенерації фільтрів та ін. Для приготування розчинів кислоти хлористоводневої і натрію гідроксиду, їх зберігання та захисту персоналу від можливих витоків, необхідні спеціальні ємності. Також потрібно попередньо очищати від нерозчинних твердих частинок, хімічно активних реагентів для запобігання забрудненню смоли. Іонний обмін видаляє тільки полярні органічні сполуки, а розчинена органіка забруднює гранули іонообмінних смол, знижуючи продуктивність. Для отримання води очищеної доцільно використовувати поєднання зворотного осмосу і іонного обміну.

Електродеіонізація

Електродеіонізація - це різновид іонного обміну, який використовує комбінацію смол, проникних мембран і електричного заряду для очищення води. Вода розподіляється на три потоки, з яких один проходить через канали електродів, а два інші потрапляють в канали очищення і концентрування. Там змішані шари іонообмінних смол затримують розчинені іони, а електричний струм направляє їх через мембрани до катода та анода. В результаті виходить очищена вода високої якості.

За допомогою електродеіонізації можливе видалення мінеральних речовин, що залежить від вихідного вмісту домішок, швидкості потоку води в системі і попередніх стадій водопідготовки. Видалення загальних розчинених речовин може досягати більш ніж 99%, а питома електропровідність знижується більш ніж в 15 разів. Вміст загального органічного вуглецю може зменшитися на 50–90%, а видалення розчиненого діоксиду кремнію досягає 80–95%. Процес електродеіонізації неенергоємний, має безперервну регенерацію, не потребує заміни смоли та має низькі витрати на обслуговування.

Зворотній осмос

Очищення води від розчинених і нерозчинених домішок на молекулярному рівні здійснюється за допомогою мембранних методів, таких як осмос, зворотній осмос, нанофільтрація, ультрафільтрація та мікрофільтрація. Зворотний осмос полягає в переході розчинника (води) через напівпроникну мембрану під дією зовнішнього тиску, який перевищує осмотичний. Це дозволяє змусити молекули дифундувати в напрямку, протилежному прямому осмосу, тобто з боку високомінералізованої води в відсік чистої води, збільшуючи її обсяг.

Зворотній осмос використовується для очищення води від всіх розчинних і нерозчинних домішок. Розмір пір в мембранах зворотнього осмосу порівняно з розміром молекули води, а вміст розчинених речовин після

процесу знижується до 1-9%, органічних речовин – до 5%. Переваги зворотнього осмосу полягають в простоті і незалежності від вмісту солі вихідної води, низьких енергетичних витратах та невисоких витратах на сервіс і догляд. Однак, при здійсненні процесу необхідно врахувати вимоги до водопідготовки, робочих умов, санації, безпеки та джерела подачі в систему води.

Зворотній осмос використовується для отримання води очищеної для фармацевтичних цілей. Це може бути одноступенева система або двоступенева, залежно від солевого навантаження і вмісту хлоридів у воді. При двоступеневій системі перший ступінь зворотнього осмосу очищує воду, а концентрат скидається. На другому ступені вода піддається додатковому очищенню, а потім змішується з поданою водою.

Зворотний осмос має деякі недоліки. Він не може повністю видалити домішки з води і має низьку здатність до видалення розчинених органічних речовин з малою молекулярною вагою. Також він не дозволяє значно знизити питому електропровідність через високий вміст вуглекислого газу у воді. Щоб уникнути цього, потрібно використовувати аніонообмінні смоли перед зворотньоосмотичним модулем, або декарбонізатор після модуля зворотнього осмосу. Для ефективної роботи системи необхідно враховувати якість вихідної води і здійснювати грамотний вибір методів її попередньої обробки і конфігурації системи в цілому, оскільки матеріал мембран є досить крихким, не витримує вплив вільного хлору, не стійкий до впливу високих температур, може накопичувати бруд. Щоб уникнути цього, потрібно використовувати стадії попереднього очищення.

Мікрофільтрація, нанофільтрація, ультрафільтрація

Мікрофільтрація – це механічне фільтрування тонкодисперсних і колоїдних домішок розміром зазвичай вище 0,1 мкм. Вона використовується для захисту систем водопідготовки, медицини, напівфабрикатів, інгредієнтів, різних технологічних середовищ, готового продукту перед фасуванням. Мембрани мікропористої фільтрації служать фізичним бар'єром для частинок і мікроорганізмів розміром до 0,1 мікрон. Фільтри з абсолютним розміром пір 0,2 мікрон дозволяють утримувати природні колоїди, розміри яких менше розміру пор мембрани. Якщо мікрофільтр є частиною рециркуляційного контуру, то з води безперервно видаляються бактерії. Він також використовується для абсолютного захисту системи від контамінації.

Ультрафільтрація займає проміжне положення між нанофільтрацією і мікрофільтрацією, адже мембрани цього типу мають розмір пір від 0,002 до 0,1 мкм. Вони дозволяють затримувати тонкодисперсні і колоїдні домішки, макромолекули, водорості, одноклітинні мікроорганізми, цисти, бактерії та віруси. Для ультрафільтраційних модулів вимагаються певні вимоги: гарантована межа пропускання фільтра, висока робоча температура, дезінфекція гарячою водою та паром, можливість мийки та повного спорожнення. Ультрафільтрація має ряд переваг, таких як надійність, можливість перевірки цілісності та невисокі виробничі витрати.

Нанофільтрація – це технологія очищення води, яка дозволяє практично повністю видалити з неї бактерії, віруси, мікроорганізми, колоїдні частинки органічних сполук, молекули солей важких металів, нітратів, нітритів та інших шкідливих домішок. Вона відрізняється від ультрафільтрації та мікрофільтрації розміром пір і великими тисками при фільтрації. Нанофільтрація дозволяє майже повністю видалити з води великі заряджені частинки, а також пестициди, важкі метали, залізо, марганець та інші органічні та хлорорганічні речовини. При цьому зберігаються життєво необхідні для

здоров'я людини солі і мікроелементи.

Ультрафіолетове опромінення

Ультрафіолетове випромінювання також використовується на останньому щаблі очищення води. Це процес, при якому мікроорганізми в воді опромінюються ультрафіолетовим випромінюванням певної інтенсивності протягом певного періоду часу. Це призводить до незворотного пошкодження ДНК мікроорганізмів, що призводить до припинення процесу відтворення.

Випарні установки для виробництва води для ін'єкцій і чистої пари

Багатоступінчастий дистиллятор є ключовою системою для підготовки води для ін'єкцій відповідно до вимог GMP. Він працює під високим тиском і з високою температурою, що дозволяє отримувати апірогенну воду для ін'єкцій за стандартами американської, європейської та інших національних фармакопей. Це обладнання може бути використано в різних галузях промисловості, включаючи фармацевтичну, харчову, біотехнологічну та інші.

Рис. 1.1. Багатоступінчастий дистиллятор



СЕРІЯ Т

Вихідна вода з першого випарника нагрівається технічним паром і проходить через підігрівачі, а потім нагрівається вторинним паром і дистильованою водою в конденсаторі. Вона проходить через сепаратор і випаровується в труби випаровування, перетворюючись у вторинний пар.

Невипарована вода переходить до наступного випарника і так далі до останнього, де відкачується як вода – сольовий концентрат. Випарована вода, тобто вторинний пар, піднімається в випарнику і, проходячи через сепаратор, потрапляє в трубопровід чистої пари як теплоносій для наступного випарника.

Після конденсації вторинна пара перетворюється в дистильовану воду, яка збирається в конденсаторі, де охолоджується за допомогою теплообмінного процесу з охолоджувальною і вихідною водою. Якість дистильованої води перевіряється за допомогою вимірника провідності. Вторинний пар, отриманий з вихідної води, сепарується три рази: перше сепарування відбувається в випарнику, друге – домішки під дією тяжкості відокремлюються і опускаються на дно випарника, третє – вихідна вода проходить через сепариційний пристрій. Якісна вода виводиться як вода для ін'єкцій (ВДІ), а неякісна вода відкачується.

Для охолодження дистильованої води та вторинної пари використовується конденсатор. В ньому проходить нагріта технічна пара, яка потім охолоджується і виводиться з установки як конденсат. Для виведення несконденсованих газів з конденсатора використовується пристрій для безперервного дренажу, який може бути встановлений для різних моделей дистильатора.

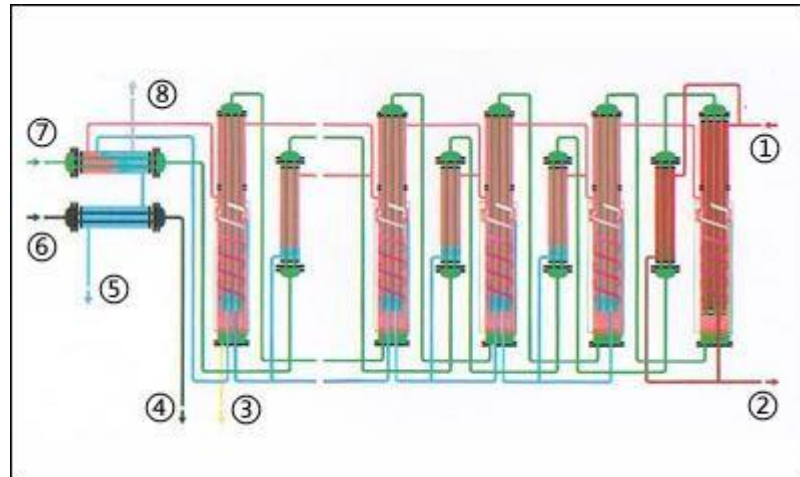


Рис. 1.2. Схема багатоступінчастого дистилятора серії Т.

1. – технічна пара; 2. – дренаж конденсату; 3. – дренаж води–концентрату; 4. – дренаж несконденсованих газів; 5. – вхід вихідної води; 6. – охолоджуюча вода; 7. – дистильована вода.

СЕРІЯ S

Вихідна вода нагрівається конденсатом технічної пари у першому підігрівачі, а потім проходить через наступні підігрівачі, де нагрівається дистильованою водою і конденсатом вторинної пари.

Після цього вода проходить через сепаратор у верхній частині випарника, рівномірно розподіляється в труби випаровування і перетворюється на вторинний пар, який піднімається вгору і входить в труби чистої пари як теплоносії наступного випарника.

Там вторинний пар охолоджується і перетворюється в дистильовану воду.

В кожному випарнику дистильована вода проходить через технічну пару, піднімається наверх і проходить через сепаратор, де відокремлюються домішки. Вторинна пара з останнього випарника перенаправляється до конденсатора, де проходить через охолоджуючу воду і перетворюється в дистильовану воду. На виході перевіряється електропровідність, якісна дистильована вода виводиться з установки, а неякісна – відкачується. Несконденсований газ видаляється з установки через спеціальний пристрій, що знаходиться у верхній частині конденсатора. В кожному випарнику

дистильована вода проходить через технічну пару, піднімається наверх і проходить через сепаратор, де відокремлюються домішки. Вторинна пара з останнього випарника перенаправляється до конденсатора, де проходить через охолоджуючу воду і перетворюється в дистильовану воду. На виході перевіряється електропровідність, якісна дистильована вода виводиться з установки, а неякісна – відкачується. Несконденсований газ видаляється з установки через спеціальний пристрій, що знаходиться у верхній частині конденсатора.

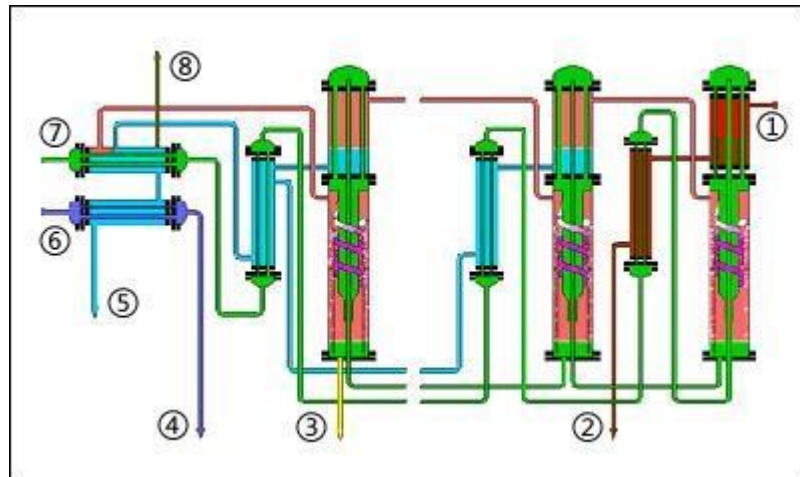


Рис. 1.3. Схема багатоступінчастого дистилятора серії Т.

1. – технічна пара; 2. – дренаж конденсату; 3. – дренаж води–концентрату; 4. – дренаж несконденсованих газів; 5. – вхід вихідної води; 6. – охолоджуюча вода; 7. – дистильована вода.

Відмінності між серіями S I T

сепаратор: сері «S» – простий тип сепаратора; Серія «Т» – модифікований сепаратор.

продуктивність: Серія «S» має більші продуктивності, ніж Серія «Т».

теплоносії підігрівача: Теплоносій для Серії «S» – вода, а для Серії «Т» в якості теплоносія використовується пар.

Відмінні технічні особливості

Установка триступеневої сепарації проводить випаровування води падаючим шаром, гравітаційне сепарування та обробку у спеціальному сепараторі. Для підвищення якості води для ін'єкцій та продовження терміну служби елементів, виконаних з нержавіючої сталі, поліруються. розробляється технологія з двома днищами, що дозволяє захистити воду від забруднення технічним паром, вихідною і охолоджуючою водою. Безшовні трубопроводи, які не змінюють своїх властивостей при обробці, зварюванні, вальцюванні, забезпечують безперервну роботу та відсутність протікань.

Тривимірне відведення для приєднання трубопроводів з іншими деталями застосовує автоматичне орбітальне аргонно-дугове зварювання, що гарантує якість зварювання. Ізоляційний шар випарника та підігрівача виконується з мінеральної вати, покритої нержавіючою сталлю. Для досягнення низьких вимог до якості вихідної води використовується деонізована вода або RO-вода з електропровідністю нижче 5 мксм / см. Вторинна пара проходить по випарникам послідовно, що дає високий коефіцієнт використання технічної пари та дозволяє заощадити енергію. Автоматичне керування PLC (Powerline Communication) пропонує оцінювання якості дистильованої води і її розподілу, при цьому використовується система зберігання інформації та управління кількісними характеристиками випаровування. Дані процесів запам'ятовуються в електронному вигляді, а заводські випробування проводяться в спеціальному цеху заводських випробувань за відповідними методиками і документаціями.

Випарні установки для виробництва води для ін'єкцій і чистої пари BWT

Відповідно до вимог ЕМЕА, FDA для виробництва води для ін'єкцій, що є призначеною для парентеральних препаратів, необхідно використовувати виключно дистиляція. Багаточисленні дистилятори дозволяють знизити витрати енергоносіїв. Наприклад, фірма BWT виробляє такі види дистиляторів:

СЕРІЯ MULTITRON

Серія дистиляторів Multitron випускається на заводі в Швейцарії з початку 21 століття. Модельний ряд включає установки з продуктивністю від 100 до 15000 літрів на годину. Особливості проектування, такі як прогресивна технологія «плаваючого теплообмінника», комбінований конденсатор та конструктивний захист від перегрітої пари, дозволяють:

- збільшити тривалість служби пристрою;
- отримати дистиллят під тиском та використовувати високі ємності;
- забезпечувати високий рівень санітарної безпеки;
- отримувати чистий пар при низьких кап. затратах (Combitron).

Рис. 1.4. Випарні установки для виробництва води для ін'єкцій і чистої пари



BWT, СЕРІЯ MULTITRON

СЕРІЯ MULTISTILL

Лінії в в модельному ряду з 2015 року. Основа конструкції- класична скандинавська технологія «падаючої плівки» з циклоном. Дане устаткування володіє продуктивностями від 100 до 13200 л / год.



Рис. 1.5. Випарні установки для виробництва води для ін'єкцій і чистої пари
BWT, СЕРІЯ MULTISTILL

СЕРІЯ VAROTRON

Чиста пара - це пара, яка при конденсації утворює воду для ін'єкцій, що є необхідною для виробництва парентеральних препаратів. Вона також використовується для стерилізації реакторів, транспортних ліній та розподільних трубопроводів, а також для парозволоження систем кондиціонування та стерилізаторів фармацевтичних препаратів. Для цього використовуються генератори чистої пари Varotron з продуктивністю від 50 до 6200 кг/год. У разі необхідності можуть бути встановлені мембранні або термічні дегазатори для стиснення до EN285, аналізатори, пробовідбірники та інші додаткові опції



Рис. 1.6. Випарні установки для виробництва води для ін'єкцій і чистої пари
BWT, СЕРІЯ VAROTRON

СЕРІЯ COMBITRON

За допомогою практичної використання комбітрону можна виробляти чисту пару, де потрібна вода для ін'єкцій. Така система зміщує капітальні витрати і займану площу. Серія комбітрону має збільшену першу колону, яка дозволяє виробляти чисту пару. Ставлення продуктивності пар / вода може варіюватися від 2:1 до 1:4. Виробляти чисту пару можна одночасно з водою для ін'єкцій або виробляти тільки чисту пару під час зупинки виробництва води для ін'єкцій (solo steam production mode).



Рис. 1.7. Випарні установки для виробництва води для ін'єкцій і чистої пари
BWT, СЕРІЯ COMBITRON

2. Розробка нового технічного рішення об'єкту дослідження

При одержанні апірогенної пари або води для ін'єкцій способом її конденсації, при збільшенні сили потоку пари разом з нею можливе попадання крапель води, які мають в собі пірогенні речовини. Для запобігання проникненню пірогенних речовин до води для ін'єкцій використовують газорідинні сепаратори. Об'єктом дослідження є процес руху паро-рідинної суміші у такому сепараторі-краплевловлювачі. Для моделювання використана модель «нестислива рідина» з використанням бази даних пакету Flow Vision для опису реологічних характеристик водяної пари. Результати дослідження підтвердили ефективність методу видалення пірогенів, що використовується в багатоступінчатій установці "LETZNER", заснованому на повному відділенні від пари крапель води.

Цей дипломний проект передбачає модернізацію стандартного краплеуловлювача за допомогою спеціальних конусних вставок. Це дозволить зменшити швидкість паро-рідинної суміші на окремих ділянках, що дасть можливість відділяти краплі води від пари за рахунок гравітаційного осадження. Крім того, зміна напрямку руху потоку дозволить додатково відділяти краплі за рахунок сил інерції.

Результати моделювання, що на Рис. 2.1., підтверджують ефективність запропонованої конструкції: при розширенні потоку швидкість пари зменшується з 0,7 м/с до 0,4 м/с (на 57 %). Це дозволяє більш ефективно вловлювати краплі води та отримати воду для ін'єкцій без пірогенів.

Відповідальна	Технічне узгодження	Вид документа		Статус документа			
Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назва Розробка нового	192093.MP.03.002.ПЗ				
	Документ затверджено		Інд.	Дата	Мова	Арку	

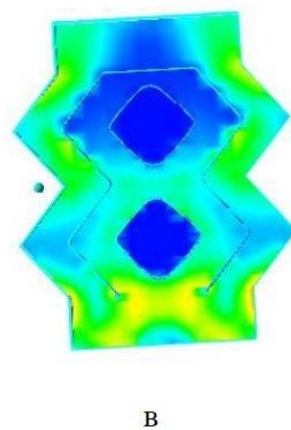
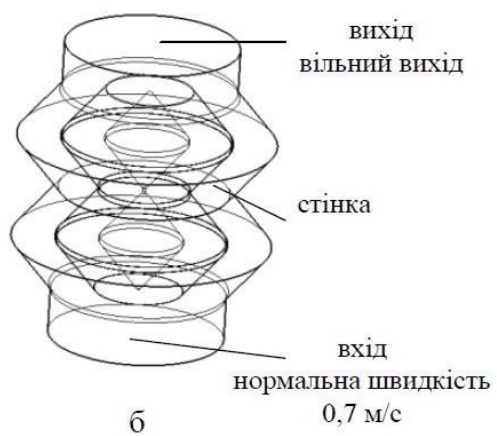
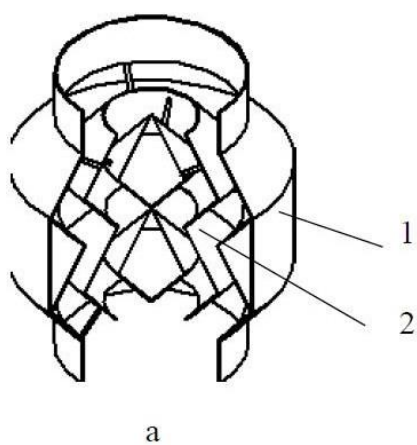


Рис. 2.1. Краплевловлювач:

а) – загальний вигляд (1 – корпус, 2 – конічна вставка);

б) – граничні умови;

в) поле швидкостей

3. Дослідна частина та узагальнення результатів

Предмет та об'єкт дослідження

Основною метою досліджень є обґрунтування раціональної конструкції краплєвловлювача, яка забезпечує ефективне відділення краплин води від пари. Для цього потрібно створити умови для зміни напрямку і швидкості руху потоку паро-повітряної суміші. Процес відділення краплин промодельовано в програмному комплексі Solidworks Flow Simulation.

Розрахунковий модуль Solidworks Flow Simulation виконує функції газо- і гідродинамічного аналізу за допомогою методу кінцевих об'ємів. Він може проводити розрахунки для: стисливої та нестисливої рідини, газу, який стискається, реального газу, водяної пари, неньютоновської рідини, змішування середовищ однакової природи та ідеального газу з водяною парою. При виконанні розрахунків також можуть враховуватися такі ефекти як ламінарна, турбулентна течія та перехідний режим, нестационарна течія, дозвукова, трансзвукова і надзвукова течія, врахування відносної вологості в газах, теплообмін теплопередачею і теплоперенесенням, теплопередача в тілах, течія з урахуванням гравітації, моделювання руху краплин і часточок з прилипанням, відбиттям, частковим відбиттям і тепловим впливом від середовища без зіткнення, поділу та агрегації і впливу на середовище, а також кавітацію.

Об'єкт дослідження – процес руху паро-рідинної суміші у сепараторі-краплєвловлювачі, предметом досліджень є удосконалена конструкція пристрою краплєуловлення випарної колони (рис. 3.1) і параметри його роботи.

Відповідальна	Технічне узгодження	Вид документа		Статус документа			
Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назва Дослідна частина	192093.МР.03.003.ПЗ				
	Документ затверджено		Інд.	Дата	Мова	Арку	

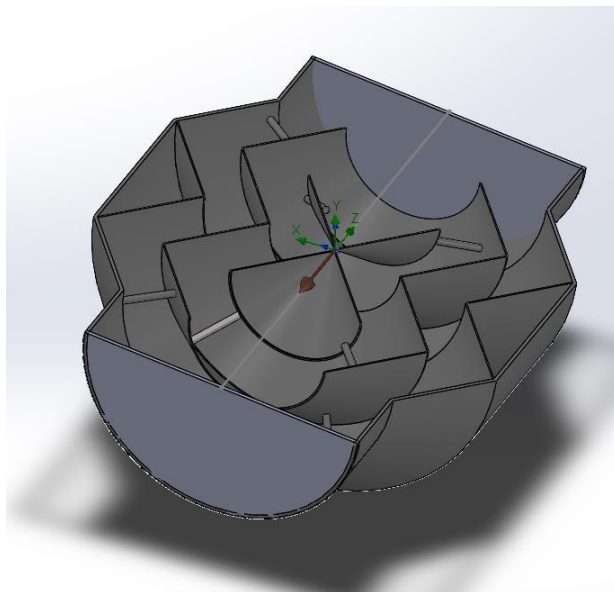
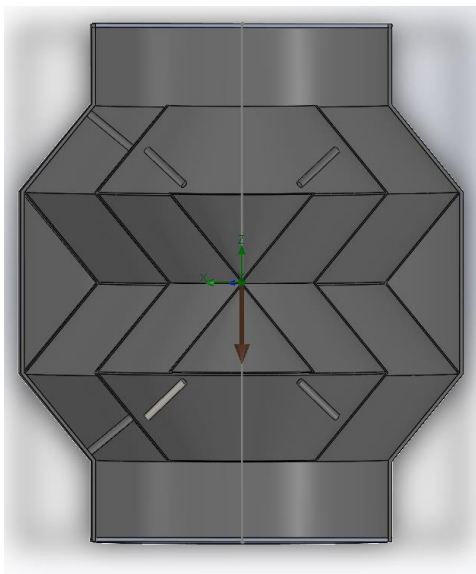


Рис. 3.1. Конструкція краплевловлювача нового типу

Імітаційне моделювання руху пари у сепараційному просторі

В додатку Flow Simulation пакету програм SolidWorks проведено моделювання руху паро-рідинної суміші із випарної частини в сепараторі.

Щодо вирішення «внутрішньої» задачі руху пари в просторі верхньої частини колони зі встановленим в ній пристроєм краплеуловлення нового типу. Звісно ж, враховано вплив гравітації, заданої в напрямку осі Y. Властивості пари використано з бази даних програми. При постановці задачі задані граничні умови (Рис.3.2): тиск середовища 330000 Па і температура пари 411.15 К та швидкість 0,7 м/с при вході. Граничні умови описують взаємодію паро-рідинної суміші з елементами (стінками, корпусом) обладнання.

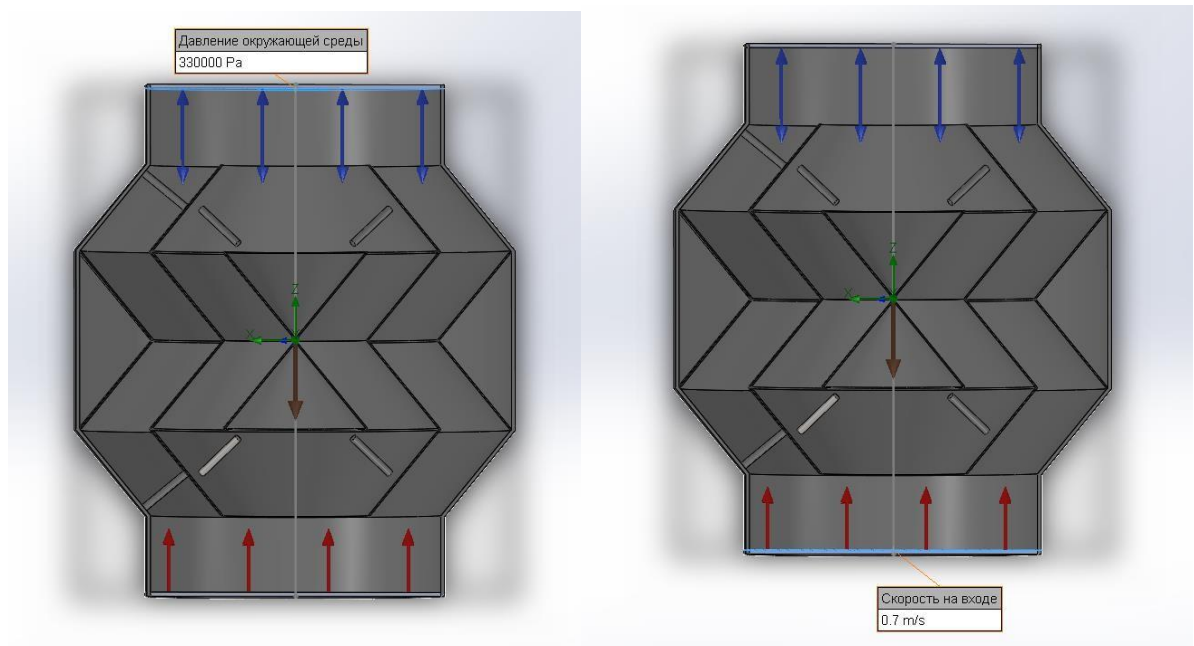


Рис. 3.2. Граничні умови задачі

При моделюванні були аналізовані значення швидкості і тиску в повздовжньому і поперечному перерізі сепараційного пристрою та зміна температури в системі. Також були виконані аналітичні математичні розрахунки, які демонструють вплив зміни швидкості на поведінку краплин води в парі.

Швидкість руху пари у сепараційному просторі

При аналізі та моделюванні найбільша увага приділялася швидкості, адже від її величини залежить ефективність відділення від пари краплин рідини. При проходженні краплеуловлювача нового типу швидкість потоку парорідинної суміші змінюється незначно, проте в ядрі потоку (центрі) відбуваються завихрення потоку і швидкість, відповідно, падає до 0 м/с (рис. 3.3.).

Графічно швидкість потоку представлена на рис. 3.4. При вході в сепараційний пристрій, завдяки новій формі краплеуловлювача, швидкість потоку практично не змінюється, але на ребрах краплеуловлювача досягає 1,540 м/с.

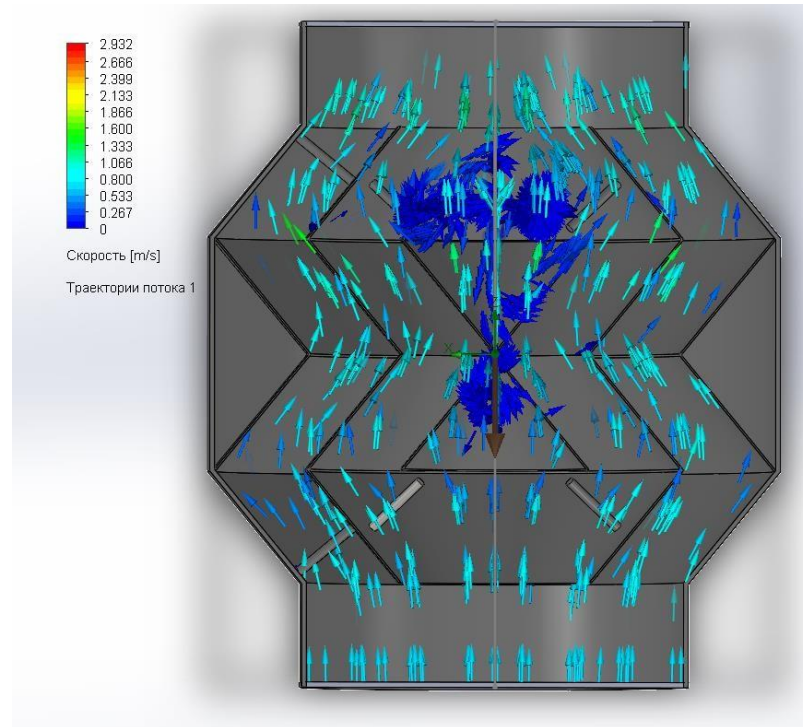


Рис. 3.3. Швидкість паро-рідинної суміші у вигляді векторів у новій формі краплеуловлювача

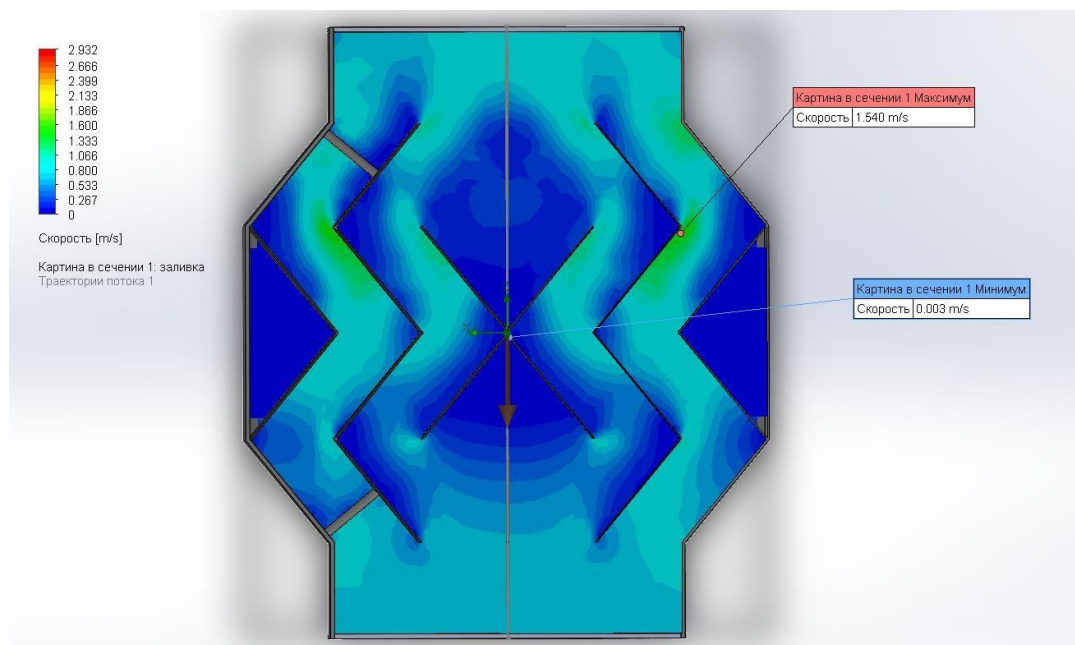
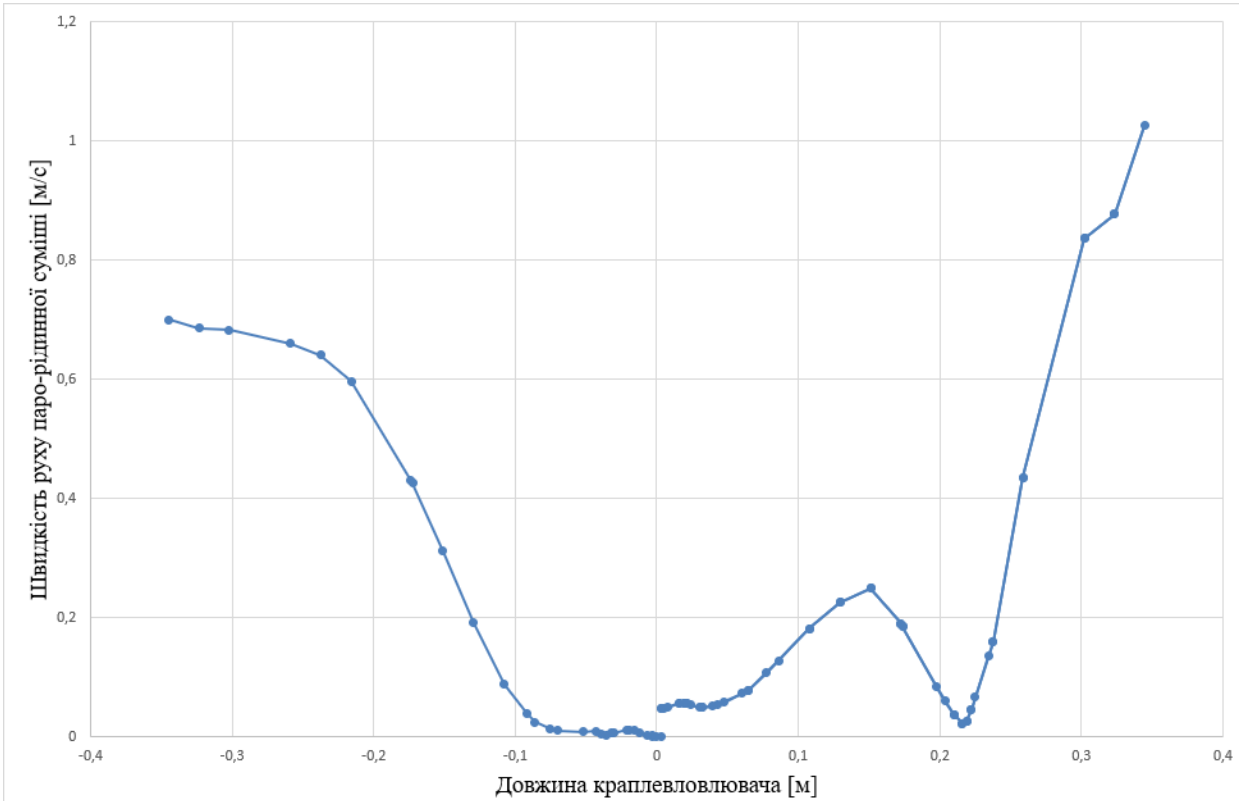
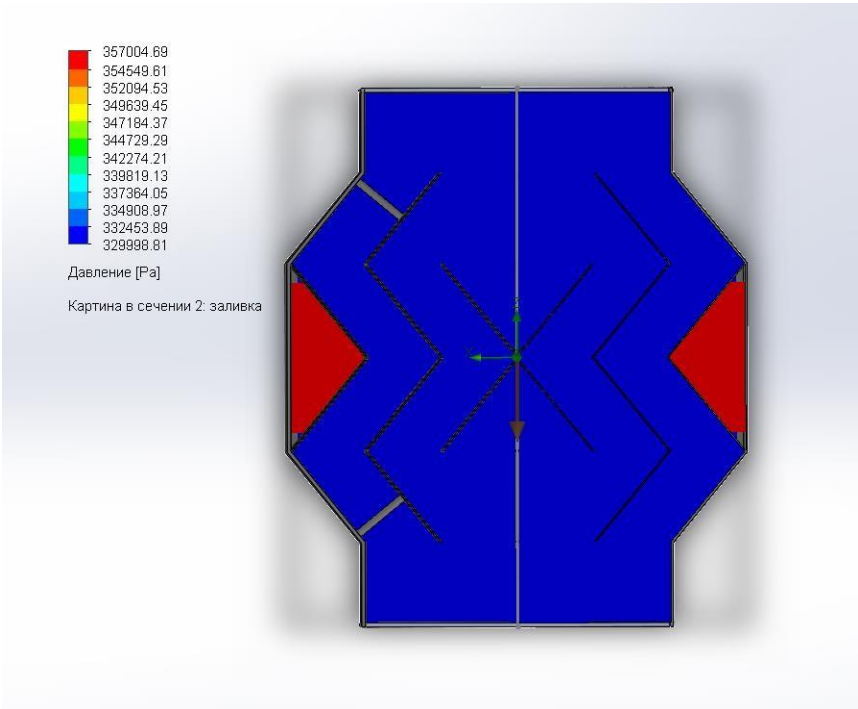


Рис. 3.4. Поле швидкостей у поздовжньому перерізі сепараційного пристрою

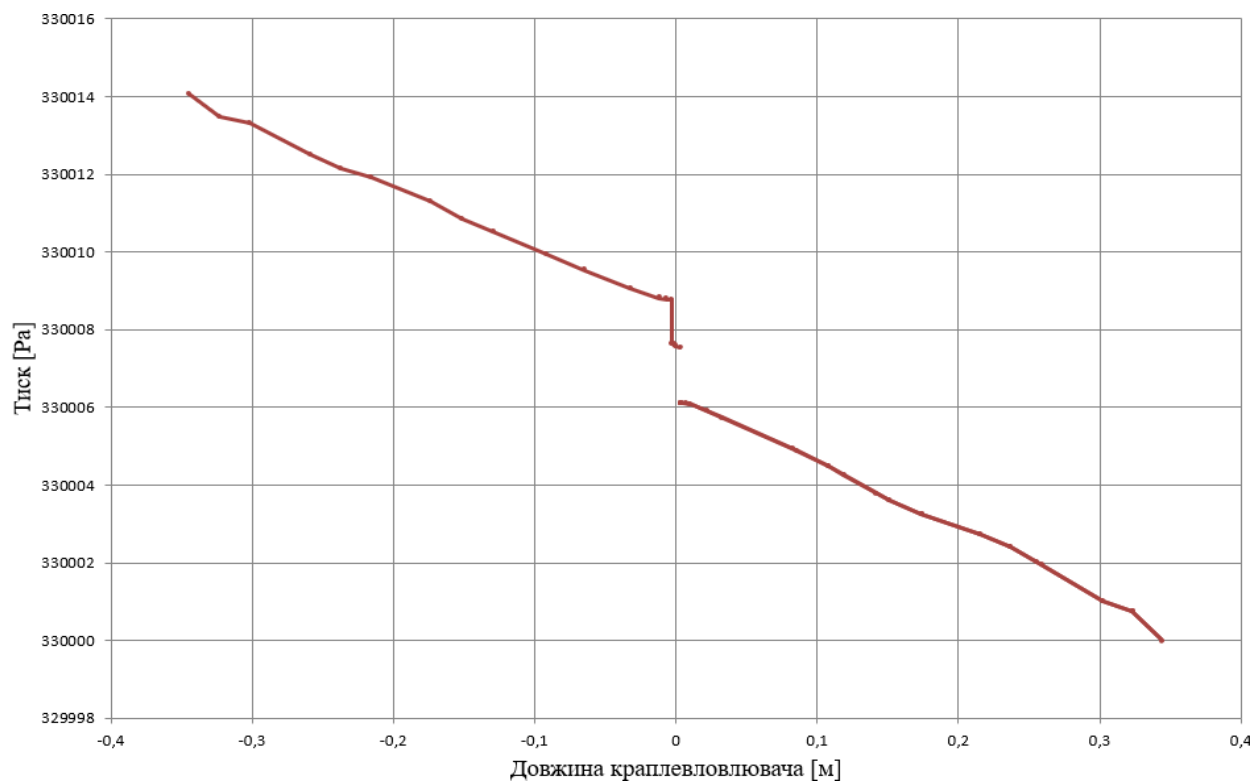


3.5. Зміна швидкості руху паро-рідинної суміші по довжині краплеуловлювача

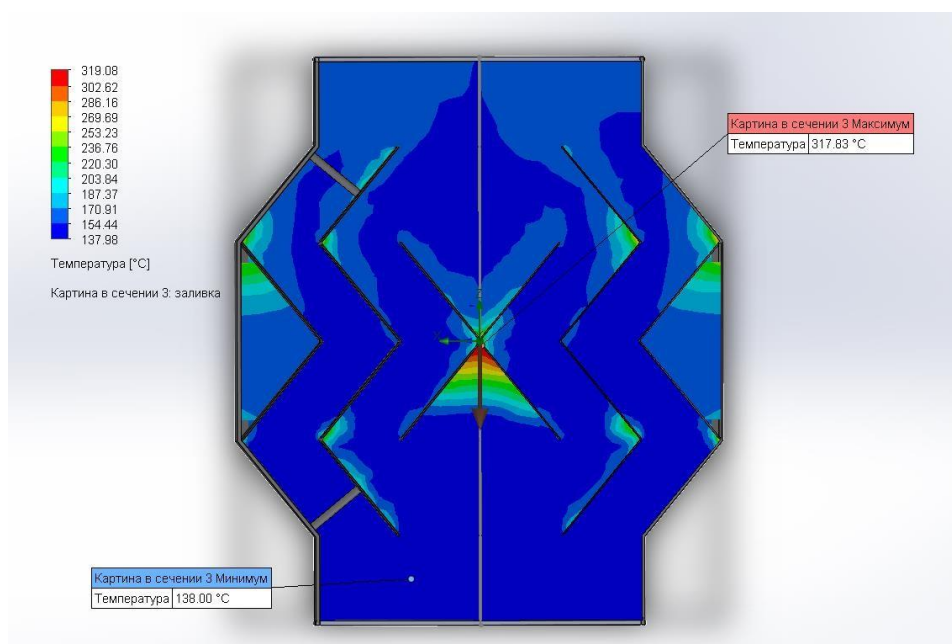
Аналіз розподілу тиску і температури



3.6. Розподіл тиску всередині колони з новим типом краплеуловлювача

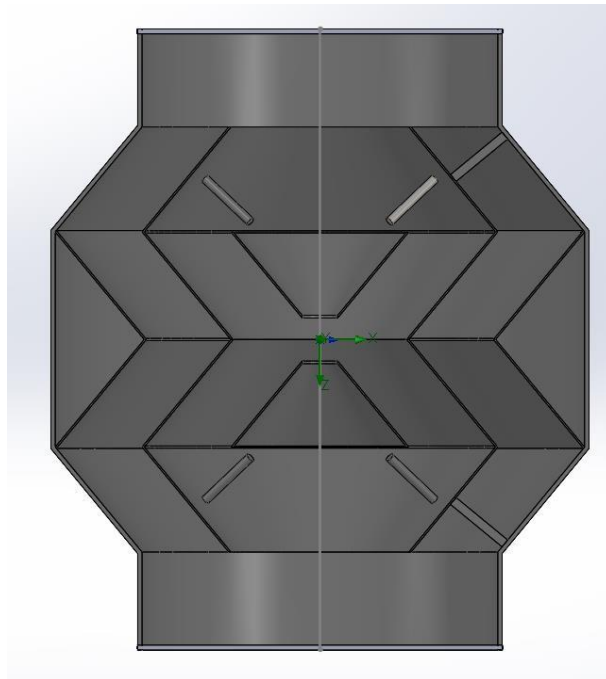


3.7. Графік розподілу тиску всередині краплеуловлювача

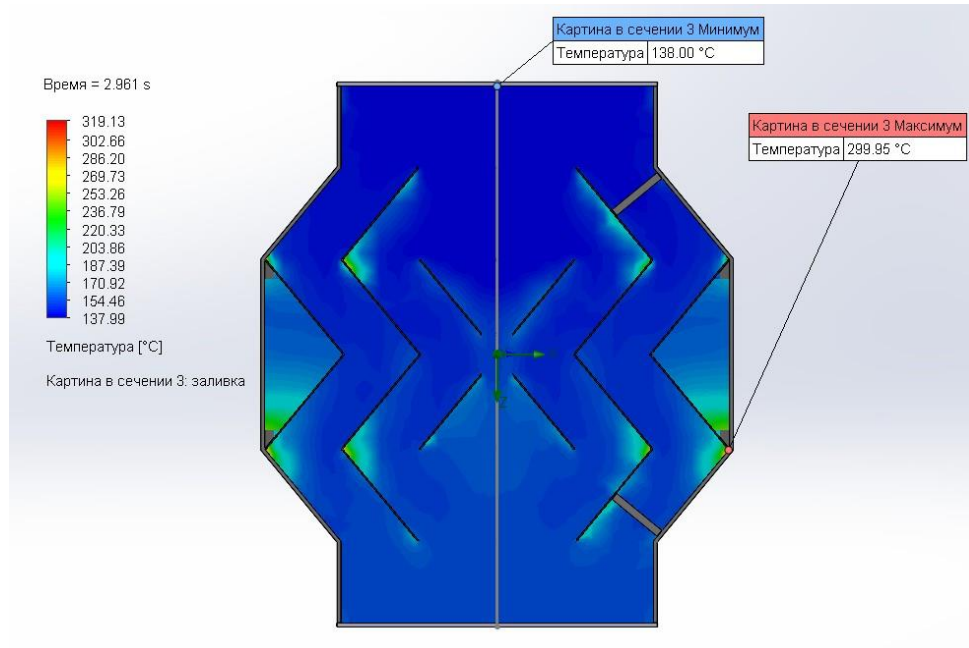


3.8. Розподіл температури всередині колони з новим типом краплеуловлювача

Встановлення нового типу краплеуловлювача призвело до невеликого збільшення тиску на стінках корпусу. Що стосується температури, то вона підіймається до 318,83 °C у центрі краплеуловлювача, у місці, де відбувається завихрення паро-рідинної суміші. Щоб уникнути небажаних деформацій від температури, додамо наскрізний отвір в центрі краплеуловлювача.



3.9. Краплеуловлювач з отвором вздовж вісі обертання пристрою



3.10. Розподіл температури в поперечному перерізі краплеуловлювача

З рис. 3.10. видно, що данне технологічне рішення доцільне, концентраторів високої температури немає, але швидкість руху паро-рідинної суміші зростає в порівнянні з конструкцією без центрального отвору. Це можна побачити на рис. 3.11.

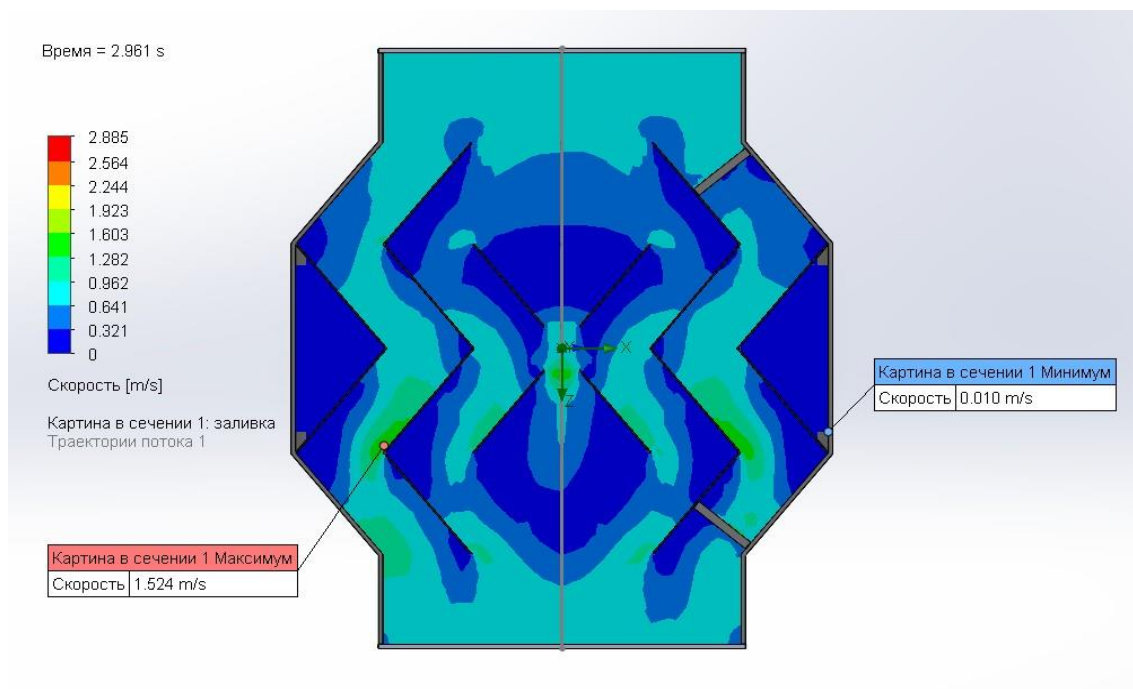


Рис. 3.11. Розподілення швидкості паро-рідинної суміші у поперечному перерізі краплеуловлювача з центральним отвором

Порівняємо два графіка швидкостей паро-рідинної суміші.

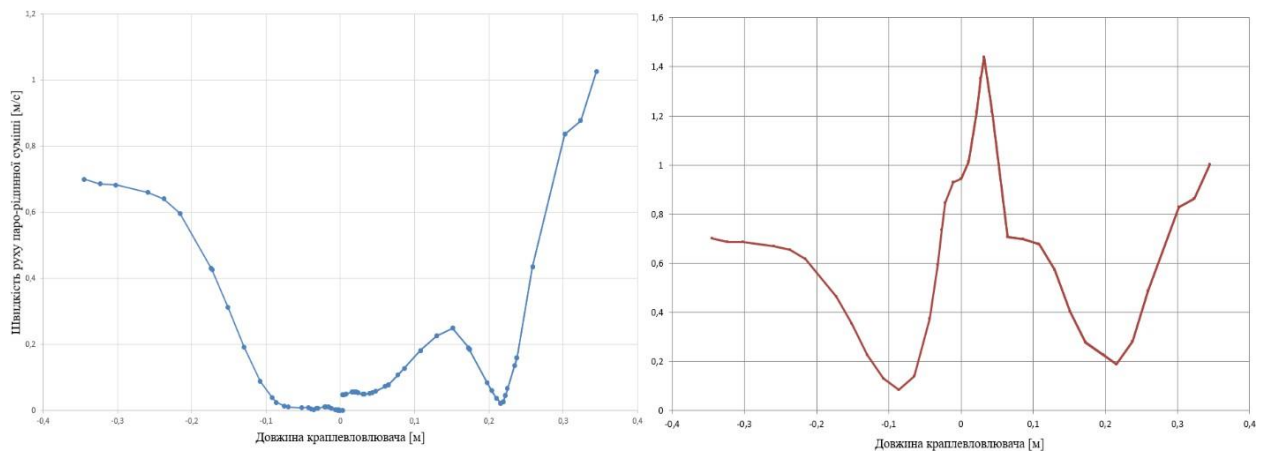


Рис. 3.12. Порівняння двох графіків швидкості паро-рідинного потоку.

Ліворуч без отвору, праворуч – з центральним отвором

У порівнянні двох графіків видно, що швидкість паро-рідинної суміші у моделі з центральним отвором суттєво зростає у центрі краплеуловлюючого пристрою. Раціонально буде обрати модель без центрального отвору, тому що метою даної модернізації є зменшення швидкості руху паро-рідинної суміші у випарній колоні.

Повний факторний експеримент

Для встановлення впливу вхідних параметрів (швидкості пари на вході, діаметру краплевловлювача і висоти його конструктивних елементів) на цільову функцію – швидкість паро-рідинної суміші у пристрої краплеуловлення, у програмі Ексел виконані розрахунки (табл. 3.1) і побудовано рівняння регресії.

№	X0	X1	X2	X3	x1*x2	x3*x2	x1*x3	x1*x2*x3	Швидкість пари, М/с	Висота, мм.	Діаметр, мм.	Результат 1	Результат 2	Результат 3	Середнє	Дисперсія
1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	0,63	70	605	0,197	0,19109	0,18715	0,191747	2,4579E-05
2	1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	0,7	70	605	0,215	0,2064	0,21285	0,211417	2,00308E-05
3	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	0,63	100	605	0,582	0,58782	0,576762	0,582194	3,05981E-05
4	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	0,7	100	605	0,641	0,68587	0,66023	0,662367	0,000506753
5	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	0,63	70	705	0,191	0,19673	0,19291	0,193547	8,51223E-06
6	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	0,7	70	705	0,209	0,20482	0,212135	0,208652	1,34683E-05
7	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	0,63	100	705	0,25	0,24125	0,25675	0,249333	6,03958E-05
8	1	1	1	1	1	1	1	1	0,7	100	705	0,274	0,28085	0,26852	0,274457	3,81636E-05
	B0	B1	B2	B3	B12	B32	B13	B123								
	0,3217	0,0175	0,1204	-0,09022	0,008815	-0,08998	0,00745	-0,00631								

Таблиця 3.1. Матриця планування і результати реалізації повного факторного експерименту

Середня значення дисперсія результатів дорівнює 0,0000878127 (м/с)²

Середнє значення дисперсії відтворюваності результатів
0,0000293709 (м/с)²

Дисперсія коефіцієнтів рівняння регресії $S_{bi}^2 = 0,0000036589$.

При табличному значенні критерію Стюдента $t=4,01$ умова для перевірки коефіцієнтів рівняння регресії має вид: $t \cdot \sqrt{S_{bi}^2} = 0,00767$

Таким чином, значимими є шість з восьми коефіцієнтів рівняння регресії, і воно має вид:

$$y = 0,32 + 0,018 \cdot x_1 + 0,12 \cdot x_2 + (-0,09) \cdot x_3 + 0,09 \cdot x_1 \cdot x_2 + (-0,09) \cdot x_3 \cdot x_2$$

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

Швидкість, м/с
0,192887917
0,210275417
0,595956333
0,648604333
0,192405417
0,209792917
0,235571
0,288219

За таблицями знаходимо критерій Фішера при ступенях вільності 16 для однієї дисперсії і 2 для другої, тому табличний критерій Фішера=99,44.

Розрахунковий критерій Фішера 13,03. Оскільки умова $F_p < F_t = 13,03 < 99,44$ 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:

$$\begin{aligned}
 & \left[\begin{aligned} x_1 &= \frac{(v - 0.665)}{0.035} \\ x_2 &= \frac{(d - 655)}{50} \\ x_3 &= \frac{(h - 85)}{15} \\ z &= 0.32 + 0.018 \cdot x_1 + 0.12 \cdot x_2 + (-0.09) \cdot x_3 + 0.09 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0.09 \cdot x_3 \cdot x_2 \end{aligned} \right] \text{solve}, x_1, x_2, x_3, z \rightarrow \\
 & \rightarrow (14,636 + 28.571 \cdot v - 19.0 \cdot 0.02 \cdot d - 13.1 \cdot 0.066 \cdot h - 5.666 \cdot 0.0726 \cdot h - 0.0216 \cdot d - 33.171 \cdot v - 0.00012 \cdot d \cdot h + 0.051 \cdot d
 \end{aligned}$$

$$v = 14,64 + 0,0726 \cdot h - 0,0216 \cdot d - 33,171 \cdot v_{\text{ex}} - 0,00012 \cdot d \cdot h + 0,051 \cdot d \cdot v_{\text{ex}}$$

де v_{ex} – швидкість пари на вході, м/с;

d – діаметр центральної частини краплеуловлювача, мм;

h – висота конусних секцій краплеуловлювача, мм.

4. Устрій та принцип роботи модернізованого об'єкту проектування

Опис технологічної схеми триступеневої установки дистиляції типу 300LL-3

Установка водопідготовки виробництва фірми "Letzner" складається з комплексу систем та призначена для забезпечення виробництва водою очищеною, водою для ін'єкцій та чистою парою. Виготовлення даних продуктів проводиться на установці дистиляції. Вода очищена проходить через дегазатор W2130, до першої колони W2131 та теплообмінників. Параметри, що підлягають контролю води очищеної: органолептичний, фізико-хімічний, мікробіологічний, паразитологічний та радіаційний показники, що мають відповідати державним стандартам.

Параметри, що підлягають контролю води очищеної:

- електропровідність (при 20°C) не більше 4,3 мкСм/см;
- мікробіологічна чистота не більше 100 КУО/100мл;
- загальний органічний вуглець 0,5 мг/л;
- нітрати не більше 0,00002 (0,2)% (ppm);
- важкі метали не більше 0,00001 (0,1)% (ppm);
- бактеріальні ендотоксини не більше 0,25 МО/мл

Чиста пара, після проходження через регулювальний клапан 21308, надходить безпосередньо в магістральний трубопровід розподілу з тиском 2 бара. Цей тиск підтримується шляхом регулювання подачі технічної пари в теплообмінники W2141 а/в, а потім подається до E2132 та E2133. Якість води для ін'єкцій автоматично контролюється зондом електропровідності та температури за показником питомої електропровідності (не більше 1,1 мксм/см). Якщо показник не перевищує установлений - вода для ін'єкцій подається в буферну ємність W2110 кільця води для ін'єкцій, а при перевищенні - зливається в каналізацію.

Відповідальна	Технічне узгодження	Вид документа		Статус документа			
Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назва Устрій та принцип роботи	192093.MP.03.004.ПЗ				
	Документ затверджено		Інд.	Дата	Мова	Арку	

Опис будови та принципу роботи установки

Установка Letzner для дистиляції ефективно використовує пару, утворену в першій колоні, для нагрівання наступної колоні. Невелика кількість очищеної води використовується для конденсації пари в останній колоні. Установка Letzner малогабаритна та нешумна, і вона має безвідмовну роботу, навіть після багаторічної експлуатації. Складається із трьох випарних колон, конденсатора, дегазатора та системи трубопроводів, а підігрівання води відбувається за допомогою вертикальних кожухотрубних теплообмінників.

Дистилятор E2131 складається з парогенератора, що виробляє чисту пару. Вода очищена пропускається через трубчатий теплообмінник W2136, а живляча вода поступає під дією тиску від підключеного кільцевого трубопроводу. Вода очищена нагрівається до 110°C в теплообміннику w2133. Після часткової конденсації чистої пари в теплообмінниках 2-ї та 3-ї колон, вони підводяться разом до конденсатору, де чиста пара конденсується.

Ємність B2130 виконує дві функції: по першій - збірник, а по другій - дегазатор. Неконденсовані гази відводяться через стерильний фільтр у злив. За допомогою стерильного гідрофобного фільтра 10" дегазатор/збірник вентильюється. Вимикачі рівня контролюють рівень в дегазаторі та керують клапаном живлення води очищеної. Насос подає дегазовану воду і підігріту воду через теплообмінники W2132 і W2131 в колону E2131 з температурою приблизно 105 °C. В колоні вода нагрівається при протіканні через випробувачі W2141A/B до 127°C.

В 1-шу колону встановлено 2 зовнішніх теплообмінники DTS W2141A/B, які підігріваються на первинній стороні технічним паром і дозволяють воді випаровуватися в першу колону. Інтегрований в неї парогенератор має продуктивність 400 кг на годину. Автоматичний клапан регулює перепуск з 1-ї колоні до 2-ї колоні. При виробництві дистиляту він залишається відкритим постійно, а при виробництві чистої пари без виробництва дистиляту він відкривається через визначений інтервал часу для того, щоб видалити осад.

Теплообмінник W2131 охолоджує перепускаючи воду 1-ї колони, перш ніж вона потрапить у 2-ю колону.

2 колона E2132, в яку встановлений зовнішній випарник/теплообмінник W2142, який обігріває пару, вироблену в 1-й колоні, на первинній стороні. Це призводить до випаровування води в 2-й колоні. Автоматичний зливний клапан ємності E2132 відкривається і закривається при досягненні верхнього і нижнього рівня рівня води. Якщо в 1-й колоні виробляється чиста пара, а не дистилат, то можна зменшити температуру осаду, так як в цьому випадку в ємність E2132 2-ї колони буде вироблятися більше осаду.

В 3-й колоні E2133 присутній зовнішній теплообмінник W2143, який обігрівається паром з 2-й колони, що призводить до випаровування води в 3-й колоні. Спускна вода, яка містить забруднення з процесу дистилювання, повинна бути виведена на стік. Для охолодження конденсоаного дистилату до температури 90°C–95°C використовується охолоджувач W2135, а контроль якості дистилату здійснюється за допомогою зонду вимірювання електропровідності. При перевищенні граничного значення відкривається клапан скидання, а клапан до ємності закривається.

Принцип роботи конденсаторів установки дистиляції W2134 та W2135

Установка дистиляції W2134 та W2135 має конденсатор, який забезпечує попередній підігрів води очищеної, регулювання температури дистилату та конденсації чистої пари з другої та третьої (останньої) колони. Вода очищена попередньо нагрівається дистилатом і чистою парою, а температура регулюється охолодженою водою. Чиста пара конденсується водою очищеною та охолодженою водою, а енергія, вироблена паром, ефективно використовується в наступних колонах. Температура та тиск у колонах збільшуються в напрямку до випуску, а температура дистилату автоматично регулюється за допомогою контролю загального потоку охолодженої води, що надходить через конденсатор. Установка дистиляції має високу якість дистилату, низьку витрату енергії та охолодженої води, просту механічну

конструкцію без деталей, що рухаються, та високу ефективність системи (80%).

5. Розрахункова частина

Гідродинамічний та тепловий розрахунки

Тепловий розрахунок випарника проводиться для визначення його продуктивності по воді $D_{вин}$ та коеф-та теплопередачі k за прийнятих умов. При проектуванні нового типорозміру випарника потрібно провести конструкторський розрахунок, після чого перевірити його за допомогою перевірконого розрахунку. Розбіжність між прийнятими і розрахунковими значеннями коеф-та теплопередачі k має бути не більше 5–8%. Зменшення коеф-та теплопередачі свідчить про утворення відкладень на поверхнях гріючої секції.

Спочатку задаємо продуктивність випарника або коеф-т теплопередачі, а потім порівнюємо ці значення з розрахунковими. Якщо прийняті та розрахункові значення відповідно співпадуть, то можна вважати їх достовірними.

Проведемо тепловий розрахунок випарника для наступних умов:

тиск гріючої пари $p_{гр} = 0,4$ МПа;

тиск вторинної пари $p_{вт} = 0,33$ МПа;

продуктивність за чистою парою $D_{нар} = 400$ кг/год;

продуктивність по воді $D_{вин} = 300$ кг/год;

продувка $P_{пр} = 2$ %.

Для прийнятих умов загальна кількість теплоти, що передається первинною парою:

Відповідальна	Технічне узгодження	Вид документа		Статус документа			
Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назва Розрахункова	192093.МР.03.005.ПЗ				
	Документ затверджено		Інд.	Дата	Мова	Арку	

$$Q = D_{\text{вип}} \cdot (i''_{\text{вт}} - i'_{\text{вт}}) + D_{\text{вип}} \cdot (1 + P_{\text{пр}}/100) \cdot (i'_{\text{вт}} - i_{\text{в}}) =$$

$$= \frac{300}{3600} \cdot (2737,2 - 419) + \frac{300}{3600} \cdot (1 + \frac{2}{100}) \cdot (419 - 377) = 200,1 \cdot 10^3$$

Дж/с, (5.1)

де $i_{\text{вт}} = 377$ кДж/кг – ентальпія живильної води випарника;

$i'_{\text{вт}} = 419$ кДж/кг – ентальпія води при температурі насичення;

$i''_{\text{вт}} = 2737,2$ кДж/кг – ентальпія вторинної пари.

Потрібна поверхня теплообміну може бути визначена за формулою

$$A_{\text{т.вн}} = \frac{Q}{\Delta t_{\text{в}} \cdot k} = \frac{200,1}{13,1 \cdot 2,4} = 6,67 \text{ м}^2, \quad (5.2)$$

де температурний перепад між гріючою і вторинною парою такий:

$$\Delta t_{\text{в}} = t_{\text{зр}} - t_{\text{вт}} = 151,1 - 138 = 13,1^\circ\text{C}. \quad (5.3)$$

Коеф-ти теплопередачі у випарниках даного типу зазвичай знаходяться в межах 2,2–2,5 кВт/(м²·°C). Прийmemo k , розрахований по відношенню до внутрішньої поверхні труб $A_{\text{т.вн}}$ гріючої секції випарника, $k = 2,4$ кВт/(м²·°C).

Ескіз гріючої секції з розмірами поверхні теплообміну, рівними $A_{\text{т.вн}}$, і схема циркуляції в контурі апарату приведені на Рис.5.1.

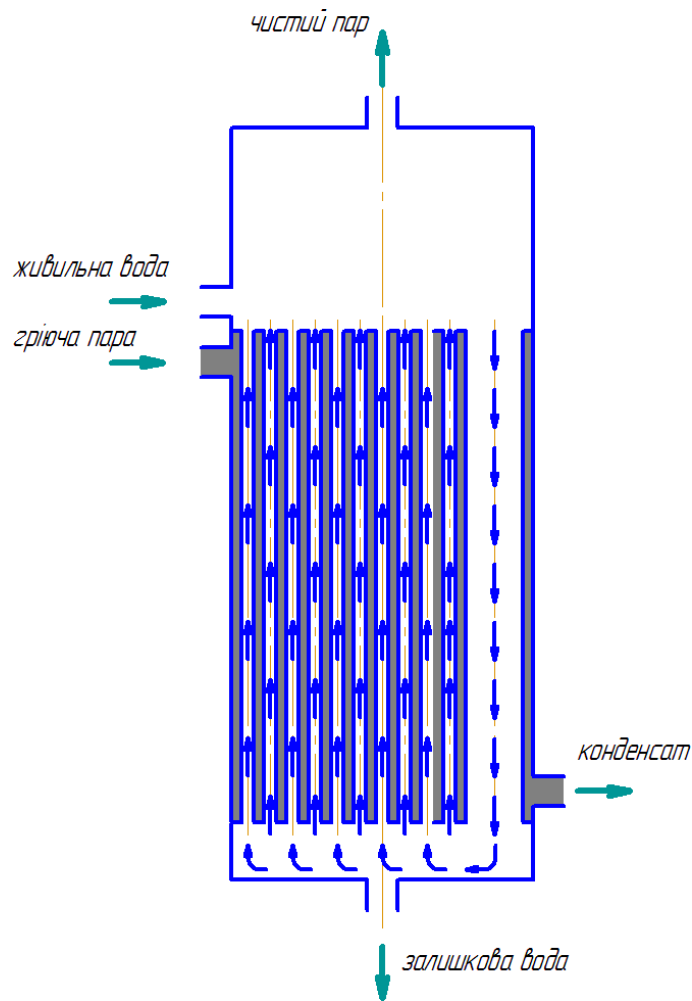


Рис. 5.1 Ескіз гріючої секції і схема циркуляції

Гріюча секція зібрана з 270 труб діаметром 14×1 мм і довжиною 1,1 м.

При роботі випарника теплопередача здійснюється на довжині труби:

$$L_{\text{акт}} = \frac{A_{\text{т.вн}}}{\pi \cdot d_{\text{вн}} \cdot z} = \frac{6,67}{\pi \cdot 0,012 \cdot 270} = 0,66 \text{ м}, \quad (5.4)$$

де $d_{\text{вн}} = d - 2 \cdot \delta = 0,014 - 2 \cdot 0,001 = 0,012$ м – внутрішній діаметр труби; $z=270$ – число труб гріючої секції.

Розрахунки теплопередачі

Щоб отримати значення k , необхідно визначити попередньо коеф-ти тепловіддачі від пари, що конденсується, до зовнішньої стінки труби α_1 та від внутрішньої стінки до води, яка кипить всередині труб гріючої секції α_2 . Після цього можна обчислити швидкість циркуляції води ω_0 та визначити значення k за рівнянням: $k = \alpha_1 + \alpha_2 \omega_0$.

Визначення коеф-та тепловіддачі від пари, що конденсується, до стінки

При ламінарному русі плівки конденсату середній коеф-т тепловіддачі може бути визначений за формулою:

$$\bar{\alpha} = 1,18 \cdot \lambda \cdot \left(\frac{g}{v^2}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot Re^{-\frac{1}{3}}. \quad (5.5)$$

Тут Re – значення числа Рейнольдса для плівки конденсату на нижній кромці поверхні охолодження. Це значення визначається наступним виразом:

$$Re = \frac{q_{зovн} \cdot H}{r \cdot \rho_1 \cdot v} = \frac{26 \cdot 0,66}{2156 \cdot 916 \cdot 0,2 \cdot 10^{-6}} = 101, \quad (5.6)$$

де $v = 0,2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ - кінематична в'язкість рідини; $q_{зovн} = 27 \text{ кВт}/\text{м}^2$ – щільність теплового потоку; $H = 0,66 \text{ м}$ – висота теплообмінної поверхні; $r = 2156 \text{ кДж}/\text{кг}$ – теплота пароутворення; $\rho_1 = 916 \text{ кг}/\text{м}^3$ - густина рідини; $\lambda = 68,39 \cdot 10^{-2} \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ - теплопровідність рідини [2].

$$q_{зovн} = \frac{Q}{A_{т.зovн}} = \frac{200,1}{7,78} = 26 \cdot 10^3 \text{ Вт}/\text{м}^2, \quad (5.7)$$

$$\text{де } A_{т.зovн} = A_{т.вн} \cdot \frac{d_{зovн}}{d_{вн}} = 6,67 \cdot \frac{14}{12} = 7,78 \text{ м}^2, \quad (5.8)$$

При значеннях Re більших за критичне ($Re_{кр} = 400$), перехід від ламінарної течії до турбулентної відбувається. Для плівки експериментальні дані починають відрізнятися від наведеної залежності при значеннях Re більших за 100. В вгріючих секціях випарників теплообмін протікає при порівняно невисоких значеннях Re , і в цих умовах середнє значення можна визначити за формулою:

$$\bar{\alpha} = \lambda \cdot \left(\frac{g}{\nu^2}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \frac{0,16 \cdot Pr^{\frac{1}{3}} \cdot Re}{Re - 100 + 63,2 \cdot Pr^{\frac{1}{3}} - 2 \left(\frac{9,81}{(0,2 \cdot 10^{-6})^2}\right)^{\frac{1}{3}} \frac{0,16 \cdot 1,164^{\frac{1}{3}} \cdot 101}{101 - 100 + 63,2 \cdot 1,165^{\frac{1}{3}}}} = 10790$$

$$\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}) \quad (5.9)$$

де Pr – критерій Прандтля:

$$Pr = \frac{\mu \cdot c_p}{\lambda} = \frac{184,3 \cdot 10^{-6} \cdot 4,324 \cdot 10^3}{68,39 \cdot 10^{-2}} = 1,165, \quad (5.10)$$

де $\mu = 184,3 \cdot 10^{-6}$ Па·с – коеф-т динамічної в'язкості рідини;

$c_p = 4,318$ кДж/(кг·К) – питома теплоємність рідини.

Всі теплофізичні величини визначались за температурі гріючої пари $t_{gp} = 151,1^\circ\text{C}$.

Тепловіддача під час конденсації пари не залежить від матеріалу поверхні теплообміну у тих випадках, коли конденсат змочує поверхню і вона достатньо чиста і гладка. Але в умовах експлуатації труби покриваються шаром окисі. На чистих трубах коеф-ти тепловіддачі більше, ніж на окислених сталевих.

Оскільки це являє собою термічний опір шару окису, та гальмуючою дією окисленої поверхні (внаслідок збільшення її шорсткості) на рух конденсатної плівки. За показниками для труб з вуглецевих сталей під тонким шаром накипу поправочний множник до коеф-тів тепловіддачі приймаємо рівним 0,67. Беручи до уваги, що при викристанні поверхня окислюється, отримаємо:

$$\alpha_1 = 0,67 \cdot \bar{\alpha}_1 = 0,67 \cdot 10790 = 7230 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}). \quad (5.11)$$

Визначення швидкості циркуляції

Розрахунок втрат в підводячі лінії графоаналітично проводимо за нормативним методом, задаючись різними значеннями швидкості циркуляції. Точка перетину кривих визначає значення швидкості ω_0 , при якому корисний напір урівноважує опір руху води в підвідних лініях.

Приймаємо за швидкість циркуляції $\omega_0 = 1$ м/с. При даному значенні швидкості можемо визначити втрати в підвідній частині контуру. Ці втрати являють собою суму з втрат в зливній трубі і втрат на вхідних ділянках труб, де відсутнє пароутворення.

Площа перерізу зливної труби:

$$A_{тр} = \frac{\pi}{4} \cdot (D_{т.вн})^2 = \frac{\pi}{4} \cdot 0,124^2 = 0,012 \text{ м}^2, \quad (5.12)$$

$$\text{де } D_{т.вн.} = D_{т.зовн} - 2 \cdot \delta_t = 0,130 - 2 \cdot 0,003 = 0,124 \text{ м.} \quad (5.13)$$

Швидкість води у зливній трубі:

$$\omega'_0 = \omega_0 \cdot \frac{z \cdot 0,785 \cdot d_{вн}^2}{A_{тр}} = 1,0 \cdot \frac{320 \cdot 0,785 \cdot 0,012^2}{0,012} = 3 \text{ м/с.} \quad (5.14)$$

Втрати тиску при русі води в зливній трубі:

$$\Delta p_{з.тр} = \lambda_0 \cdot H_{тр} \cdot \frac{\rho' \cdot \omega'^2_0}{2} = 0,033 \cdot 1,6 \cdot \frac{927,8 \cdot 3^2}{2} = 218,7 \text{ Па,} \quad (5.15)$$

де $\rho' = 927,8$ кг/м³ – густина води при температурі вторинної пари;

$H_{з.тр} = 1,6$ м – висота зливної труби;

$\lambda_0 = 0,033$ - коеф-т тертя [2]:

$$\lambda_0 = \frac{1}{(1,74 + 2 \log(\frac{r_1}{\delta_1}))^2} = \frac{1}{(1,74 + 2 \log(\frac{0,062}{0,8}))^2} = 0,033, \quad (5.16)$$

де $r_1 = 0,062$ м – радіус зливної труби,

$\delta_1 = 0,8 \cdot 10^{-3}$ м – висота виступів шорсткості.

Втрати тиску на вході і виході зі зливної труби:

$$\Delta p_{вх.в} = (\xi_{вх} + \xi_в) \cdot \frac{\rho' \cdot \omega'^2_0}{2} = (0,5 + 1) \cdot \frac{927,8 \cdot 3^2}{2} = 6243 \text{ Па,} \quad (5.17)$$

де $\xi_{вх} = 0,5$ - коеф-т місцевого опору на вході;

$\xi_в = 1$ - коеф-т місцевого опору на виході [2].

Втрати тиску на вході в труби гріючої секції:

$$\Delta p_{вх.тр} = \xi_{вх} \cdot \frac{\rho' \cdot \omega'^2_0}{2} = 0,5 \cdot \frac{927,8 \cdot 3^2}{2} = 232 \text{ Па.} \quad (5.18)$$

Втрати під час руху води на прямій ділянці:

$$\Delta p_{тр} = \lambda_1 \cdot h_{но} \cdot \frac{\rho' \cdot \omega'^2_0}{2} = 0,8 \cdot 0,08 \cdot \frac{927,8 \cdot 1^2}{2} = 29,7 \text{ Па,} \quad (5.19)$$

де $h_{но} = 0,08$ м – висота нижньої ділянки труби, без обігріву.

Для визначення втрати на економайзерній ділянці, необхідно встановити її висоту $h_{ек}$. Ця величина визначається за наступним рівнянням:

$$h_{ек} = \frac{g \cdot \rho' \cdot (h_{повн} - h_{но}) \cdot (\partial i' / \partial p) - (\Delta p_{он} + \Delta p_{но} + \Delta p_{ек}) \cdot (\partial i' / \partial p)}{\frac{4 \cdot q_{вн}}{\rho' \cdot \omega_0 \cdot d_{вн}} + g \cdot \rho' \cdot (\partial i' / \partial p)} \quad (5.20)$$

$$\text{де } \Delta p_{он} = \Delta p_{з.тр} + \Delta p_{вх.в} = 218,7 + 6243 = 6462 \text{ Па}; \quad (6.21)$$

$$\Delta p_{но} = \Delta p_{вх.тр} + \Delta p_{тр} = 232 + 29,7 = 26,64 \text{ Па};$$

$$q_{вн} = k \cdot \Delta t_{\theta} = 2,4 \cdot 13,1 = 31,44 \cdot 10^3 \text{ Вт/м}^2; \quad (5.22)$$

$(\partial i' / \partial p) = 7,8 \cdot 10^{-4}$ – зміна ентальпії води при температурі насичення в залежності від тиску при $p \rightarrow p_3$, де p_3 – це тиск в перерізі, де рідина закипає.

Для того, щоб врахувати втрати тиску на економайзерній ділянці, необхідно задатись значенням та за допомогою поступового наближення досягти того, щоб воно співпадало зі значенням, що визначається приведеною формулою.

Прийmemo $h_{ек} = 0,87$ м, тоді

$$\Delta p_{ек} = \lambda_1 \cdot h_{ек} \cdot \frac{\rho' \omega^2}{2} = 0,8 \cdot 0,87 \cdot \frac{927,8 \cdot 1^2}{2} = 322,87 \text{ Па}. \quad (5.23)$$

Отже,

$$h_{ек} = \frac{9,81 \cdot 927,8 \cdot (1,6 - 0,08) \cdot 7,8 \cdot 10^{-4} - (6462 + 26,64 + 322,87) \cdot 7,8 \cdot 10^{-4}}{\frac{4 \cdot 31,44}{927,8 \cdot 1 \cdot 0,012} + 9,81 \cdot 927,8 \cdot 7,8 \cdot 10^{-4}} = 0,885 \text{ м}. \quad (5.24)$$

Прийняте і розраховане значення $h_{ек}$ майже співпали. Тому можна вважати висоту економайзерної ділянки рівною 0,885 м, а втрати на ній:

$$\Delta p_{ек} = 322,87 \cdot \frac{0,885}{0,87} = 328,6 \text{ Па}. \quad (5.25)$$

Отже, загальний опір в підвідних лініях (до перерізу, в якому відбувається закипання потоку):

$$\Delta p_{нів} = \Delta p_{он} + \Delta p_{но} + \Delta p_{ек} = 6462 + 322,87 + 328,6 = 7052 \text{ Па}. \quad (6.26)$$

Визначаємо корисний напір при цій же швидкості $\omega_0 = 1$ м/с.

К-сть пари, що утворюється в одній трубі:

$$G_1'' = \frac{Q}{z \cdot r_2} = \frac{560,71}{320 \cdot 2204,4} = 7,95 \cdot 10^{-4} \text{ кг/с}, \quad (5.27)$$

де $r_2 = 2204,4$ кДж/кг – теплота пароутворення при температурі насичення.

Приведена швидкість пари на виході з труб гріючої секції:

$$\omega_{ок}'' = \frac{G''}{\rho'' \cdot 0,785 \cdot d_{вн}^2} = \frac{7,95 \cdot 10^{-4}}{1,863 \cdot 0,785 \cdot 0,012^2} = 3,77 \text{ м/с}, \quad (5.28)$$

де $\rho'' = 1,863$ кг/м³ - густина вторинної пари [2].

За середньою приведеною швидкістю пари в трубі визначається - рушійний напір

Так як на вході в труби пара відсутня, то

$$\omega_{0розр}'' = \frac{\omega_{ок}''}{2} = \frac{3,77}{2} = 1,9 \text{ м/с}. \quad (5.29)$$

При цьому значенні $\omega_{0розр}''$ витратний паровміст:

$$\beta_{розр} = \frac{\omega_{розр}''}{\omega_{0розр}'' + \omega_0} = \frac{1,9}{1,9+1} = 0,65. \quad (5.30)$$

Істинний об'ємний паровміст визначається за формулою наведеною нижче:

$$\phi_{розр} = \frac{\beta_{розр}}{1 + \frac{\omega^*}{\omega_{сум.розр}}} = \frac{0,65}{1 + \frac{6,24}{2,9}} = 0,21, \quad (5.31)$$

де $\omega^* = \omega_{бул} \cdot \psi_{вз} = 1,3 \cdot 4,8 = 6,24$ м/с – групова швидкість впливання бульбашок;

$\omega_{сум.розр} = \omega_{розр}'' + \omega_0 = 1,9 + 1 = 2,9$ м/с – швидкість суміші;

$\omega_{бул}$ - швидкість впливання однієї бульбашки в нерухомій рідині:

$$\omega_{бул} = 1,5 \cdot \sqrt[4]{g \cdot \sigma_t \cdot \frac{\rho' - \rho''}{(\rho')^2}} = 1,5 \cdot \sqrt[4]{9,81 \cdot 52,65 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{927,8 - 1,863}{927,8^2}} = 1,3 \text{ м/с}, \quad (5.32)$$

де $\sigma_t = \sigma_0 - 0,146 \cdot t = 72,8 - 0,146 \cdot 138 = 52,65 \cdot 10^{-3}$ Н/м – поверхневий натяг води [2];

$\psi_{вз}$ - фактор взаємодії:

$$\psi_{вз} = 1,4 \cdot \left(\frac{\rho'}{\rho''}\right)^{1,5} \cdot \left(1 - \frac{\rho''}{\rho}\right)^5 = 1,4 \cdot \left(\frac{927,8}{1,863}\right)^{1,5} \cdot \left(1 - \frac{1,863}{927,8}\right)^5 = 4,8. \quad (5.33)$$

Рушійний напір:

$$\Delta p_{руш} = g \cdot (\rho' - \rho'') \cdot \phi_{розр} \cdot h_{нар} = 9,81 \cdot (927,8 - 1,863) \cdot 0,21 \cdot 0,635 = 1195 \text{ Па}, \quad (6.34)$$

де $h_{нар}$ – висота труби, по якій тече пароводяна суміш:

$$h_{нар} = H - h_{но} - h_{ек} = 1,6 - 0,08 - 0,885 = 0,635 \text{ м}. \quad (5.35)$$

На пароводяній лінії є втрати на тертя в самій трубі, місцеві втрати на виході та на прискорення потоку. За формулою наведеною нижче розраховуються втрати на тертя:

$$\Delta p_{тер} = \lambda \cdot h_{нар} \cdot \frac{\rho^F \cdot \omega_0^2}{2} \cdot \left[1 + \psi \cdot \frac{\omega''_{ок}}{2\omega_0} \cdot \left(1 - \frac{\rho''}{\rho^F}\right)\right] = 0,8 \cdot 0,635 \cdot \frac{927,8 \cdot 1^2}{2} \cdot \left[1 + 1,5 \cdot \frac{3,77}{2 \cdot 1} \cdot \left(1 - \frac{1,863}{927,8}\right)\right] = 900,84 \text{ Па}. \quad (5.36)$$

Втрати на виході потоку з труб складають:

$$\Delta p_{вих} = \xi_{вих} \cdot \frac{\rho \cdot \omega_0^2}{2} \cdot \left[1 + \frac{\omega''_{ок}}{\omega_0} \cdot \left(1 - \frac{\rho''}{\rho}\right)\right] = 1,2 \cdot \frac{927,8 \cdot 1^2}{2} \cdot \left[1 + \frac{3,77}{1} \cdot \left(1 - \frac{1,863}{927,8}\right)\right] = 2654 \text{ Па}. \quad (5.37)$$

Втрати на прискорення розраховуються за формулою нижче:

$$\Delta p_{пр} = (\rho' \cdot \omega_0)^2 \cdot (y_2 - y_1) = (927,8 \cdot 1)^2 \cdot (1,73 \cdot 10^{-3} - 1,078 \cdot 10^{-3}) = 563,7 \text{ Па}, \quad (5.38)$$

$$\text{де } y = \frac{x^2}{\rho'' \cdot \phi_k} + \frac{(1-x)^2}{\rho \cdot (1-\phi_k)}. \quad (5.39)$$

Для перерізу, в якому рідина закипає, $x = 0$ і $\phi_k = 0$. Тож,

$$y_1 = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{927,8} = 1,078 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{кг}. \quad (5.40)$$

У вихідному перерізі

$$\omega_{сум.к} = \omega''_{ок} + \omega_0 = 3,77 + 1 = 4,77 \text{ м/с}; \quad (5.41)$$

$$\beta_{\kappa} = \frac{\omega_{\kappa}''}{\omega_{ок}'' + \omega_0} = \frac{4,77}{4,77+1} = 0,82; \quad (5.42)$$

$$\phi_{\kappa} = \frac{\beta_{\kappa}}{1 + \frac{\omega_{\kappa}^*}{\omega_{сум,\kappa}}} = \frac{0,82}{1 + \frac{6,24}{4,77}} = 0,355. \quad (5.43)$$

Ваговий паровміст в цьому перерізі складає:

$$x_{\kappa} = \frac{\rho_{ок}'' \cdot \omega_{ок}''}{\rho' \cdot \omega_0} = \frac{1,863 \cdot 4,77}{927,8 \cdot 1} = 7,6 \cdot 10^{-3}, \quad (5.44)$$

і тоді

$$y_2 = \frac{x_{\kappa}^2}{\rho'' \cdot \phi_{\kappa}} + \frac{(1-x_{\kappa})^2}{\rho' \cdot (1-\phi_{\kappa})} = \frac{(7,6 \cdot 10^{-3})^2}{1,863 \cdot 0,355} + \frac{(1-7,6 \cdot 10^{-3})^2}{927,8 \cdot (1-0,355)} = 1,73 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{кг}. \quad (5.45)$$

Корисний напір розраховується за формулою нижче:

$$\Delta p_{кор} = \Delta p_{руш} - \Delta p_{тер} - \Delta p_{вих} - \Delta p_{np} = 1195 - 900,84 - 2654 - 563,7 = -2923 \text{ Па}. \quad (5.46)$$

Проведемо такі ж розрахунки для різних значень ω_0 . Отримані значення занесемо в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1. Показники опору в підвідних лініях і корисного напору від різних значень ω_0

ω_0 = 0,3	$\Delta p_{нів}$ = 613,55	$\Delta p_{кор}$ = 1352
ω_0 = 0,4	$\Delta p_{нів}$ = 1095	$\Delta p_{кор}$ = 753,32
ω_0 = 0,6	$\Delta p_{нів}$ = 2486	$\Delta p_{кор}$ = -464
ω_0 = 0,8	$\Delta p_{нів}$ = 4463	$\Delta p_{кор}$ = -1700
ω_0 = 1	$\Delta p_{нів}$ = 7052	$\Delta p_{кор}$ = -2923

Будуючи криві зміни корисного напору і втрат в підвідних лініях залежно від ω_0 (рис. 5.2), будемо мати в точці перетину шукане значення швидкості циркуляції $\omega_0 = 0,383$ м/с.

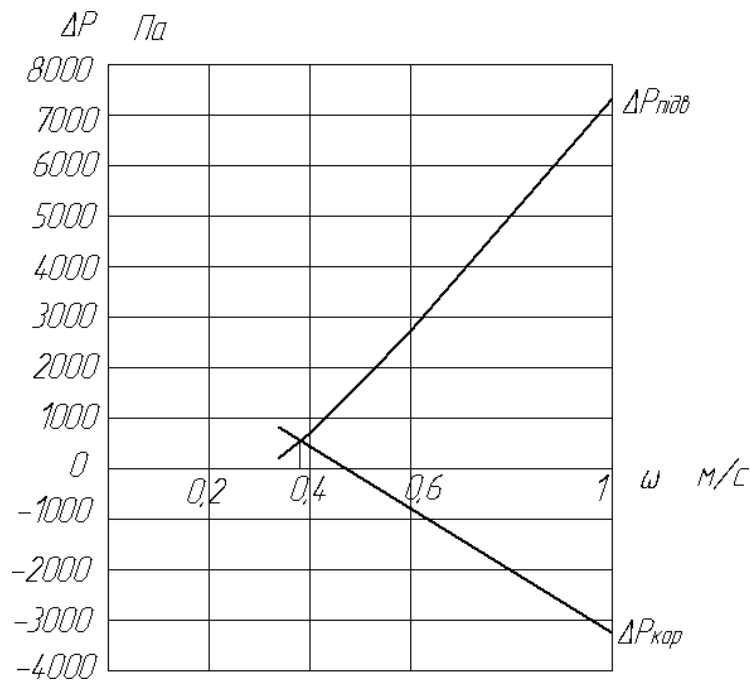


Рис. 5.2. Графік залежності зміни корисного напору та втрат від швидкості циркуляції

Визначимо швидкість циркуляції, використовуючи формулу наведену нижче:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot \Phi_{розр} \cdot h_{нар}}{Z_{нід.пр} + \frac{\sum \Delta p_{руш.п}}{(\rho \cdot \omega_0)/2}} \cdot \left(1 - \frac{\rho''}{\rho}\right)}. \quad (5.47)$$

Оберемо значення $\omega_0 = 1$ м/с. При цьому значенні повний приведений коеф-т гідравлічного опору підвідної частини контуру визначається згідно формули нижче:

$$Z_{нід.пр} = Z_{он} \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2 + Z_{но} + Z_{ек} = 1,553 \cdot \left(\frac{1}{1}\right)^2 + 0,564 + 0,708 = 15,25, \quad (5.48)$$

де $Z_{он} = \xi_{вх} + \lambda_0 \cdot H + \xi_{с} = 0,5 + 0,033 \cdot 1,6 + 1 = 1,553$ – повний коеф-т гідравлічного опору опускної ділянки;

(5.49)

$Z_{HO} = \xi_{ex} + \lambda_1 \cdot h_{HO} = 0,5 + 0,8 \cdot 0,08 = 0,564$ – повний коеф-т гідравлічного опору ділянки, яка не підігрівається; (5.50)

$Z_{ек} = \lambda_1 \cdot h_{ек} = 0,8 \cdot 0,885 = 0,708$ – повний коеф-т гідравлічного опору економайзерної ділянки. (6.51)

Тому,

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 0,21 \cdot 0,635}{15,25 + \frac{900,84 + 2654 + 563,7}{(927,8 \cdot 1^2)/2}}} \cdot \left(1 - \frac{1,863}{927,8}\right) = 0,33 \text{ м/с.} \quad (5.52)$$

Це значення відрізняється з тим, яким ми задалися. Тому необхідно провести розрахунок при іншому значенні ω_0 . Прийmemo $\omega_0 = 0,383$ м/с та зробимо перерахунок за формулою нижче:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 0,222 \cdot 0,763}{2,722 + \frac{348 + 884,8 + 141,4}{(927,8 \cdot 1^2)/2}}} \cdot \left(1 - \frac{1,863}{927,8}\right) = 0,381 \text{ м/с.} \quad (5.53)$$

Це значення добре поєднується з прийнятим, тож повторний розрахунок не потрібен. Отримане значення швидкості циркуляції $\omega_0 = 0,381$ м/с майже не відрізняється від значення, яке визначали по нормативному методу ($\omega_0 = 0,383$ м/с). Розбіжність між даними величинами набагато нижче границі точності, з якою можуть визначатися ці швидкості. Оскільки третій знак після коми зайвий та недостатньо вірним, приймаємо $\omega_0 = 0,38$ м/с.

Визначення коеф-та тепловіддачі від стінки до киплячої води

Визначимо значення комплексу за формулою нижче:

$$\begin{aligned} & \frac{q_{вн}}{r_2 \cdot \rho'' \cdot \omega_0} \cdot \left(\frac{\rho''}{\rho'}\right)^{1.45} \cdot \left(\frac{r_2}{c' \cdot T_p}\right)^{0.33} \\ &= \frac{31,44}{2204,4 \cdot 1,863 \cdot 0,38} \cdot \left(\frac{1,863}{927,8}\right)^{1.45} \cdot \left(\frac{2204,4}{4,27 \cdot 411,15}\right)^{0.33} = \\ &= 2,65 \cdot 10^{-6} \end{aligned} \quad (5.54)$$

$$\text{Так як } \frac{q_{\text{вн}}}{r_2 \cdot \rho'' \cdot \omega_0} \cdot \left(\frac{\rho''}{\rho^*}\right)^{1.45} \cdot \left(\frac{r_2}{c_p^* \cdot T}\right)^{0.33} = 2,65 \cdot 10^{-6} < 0,4 \cdot 10^{-5}, \text{ то } \frac{Nu_{\kappa}}{Nu} =$$

1 і коеф-т тепловіддачі визначається по формулі нижче:

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,37} = 0,023 \cdot 21380^{0,8} \cdot 1,24^{0,37} = 72,5, \quad (5.55)$$

$$\text{де } Re = \frac{\omega_0 \cdot d_{\text{вн}}}{\nu} = \frac{0,38 \cdot 0,012}{0,215 \cdot 10^{-6}} = 21380 - \text{критерій Рейнольдса}; \quad (5.56)$$

$Pr = 1,24$ - критерій Прандтля.

Тому

$$\alpha_2 = \frac{Nu \cdot \lambda}{d_{\text{вн}}} = \frac{72,5 \cdot 68,52 \cdot 10^{-2}}{0,012} = 4139 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}. \quad (5.57)$$

Приймаємо опір оксидної плівки $R_{\text{ок}} = 0,6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт}$.

$$\alpha'_2 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_2} + R_{\text{ок}}} = \frac{1}{\frac{1}{4139} + 0,6 \cdot 10^{-4}} = 3316 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}. \quad (5.58)$$

Визначення коеф-та теплопередачі

По відношенню до внутрішньої поверхні труб коеф-т тепловіддачі визначається по формулі наведеній нижче:

$$\begin{aligned} k_{\text{вн}} &= \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{d_{\text{вн}}}{2 \cdot \lambda_{\text{ст}}} \cdot \ln \frac{d_{\text{зовн}}}{d_{\text{вн}}} + \frac{1}{\alpha'_2} \cdot \frac{d_{\text{вн}}}{d_{\text{зовн}}}} = \\ &= \frac{1}{\frac{1}{7230} + \frac{0,012 \cdot \ln \frac{0,014}{0,012}}{2 \cdot 47} + \frac{1}{3316} \cdot \frac{0,012}{0,014}} = 2400 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}. \end{aligned} \quad (5.59)$$

Розрахований за цією методикою коеф-т теплопередачі співпадає з прийнятим його значенням на початку розрахунку, тож тепловий та гідравлічний розрахунки можна вважати виконаними.

Конструктивний розрахунок

Конструкторський розрахунок ведемо за методикою, викладеною в [3].

За наступними вихідними даними проводимо розрахунок випарника:

тиск вторинної пари $p_{\text{ет}} = 0,33 \text{ МПа}$;

площа поверхні теплообміну $A_{\text{т.вн}} = 6,67 \text{ м}^2$;

продуктивність за чистою парою $D_{\text{нар}} = 400 \text{ кг/год}$;

продуктивність по воді $D_{\text{вин}} = 300 \text{ кг/год}$;

діаметр трубок $d = 14 \times 1$ мм;

довжина трубок 1,1 м;

діаметр циркуляційної труби $D_{т.вн.} = 0,124$ м;

густина вторинної пари $\rho'' = 1,863$ кг/м³;

густина очищеної води $\rho_e = 965$ кг/м³;

коеф-т кінематичної в'язкості вторинної пари $\nu_n = 5 \cdot 10^{-6}$ м²/с.

Приймаємо: відносний крок трубок $\beta = 1,35$; діаметр краплі $d_k = 0,2 \cdot 10^{-3}$ м.

Крок між трубками $t = \beta \cdot d_{зовн} = 1,35 \cdot 0,014 = 0,019$ м. (5.60)

Визначимо число трубок із формули нижче:

$$n = \frac{A_{т.вн.}}{\pi \cdot d_{вн} \cdot H_m} = \frac{6,67}{3,14 \cdot 0,012 \cdot 0,66} = 268 \text{ трубок.} \quad (5.61)$$

Так як в тепловому розрахунку потрібна кількість трубок гріючої секції виявилася більшою, то наступний розрахунок ведемо для $n = 270$ трубок.

Розбивку трубок виконуємо по вершинах правильних трикутників, а саме $\alpha = 60^\circ$, $\sin \alpha = \sin 60^\circ = 0,866$.

Діаметр корпусу апарата знаходимо за формулою наведеною нижче:

$$D_{корп} = \sqrt{\frac{1,27 \cdot n \cdot t^2 \cdot \sin \alpha}{\varphi} + (D_{т.вн.} + 2 \cdot t)^2} =$$

$$= \sqrt{\frac{1,27 \cdot 270 \cdot 0,019^2 \cdot 0,866}{0,85} + (0,124 + 2 \cdot 0,019)^2} = 0,382 \text{ м.} \quad (5.62)$$

Вводимо діаметр корпусу апарата $D_{корп} = 400$ мм (по зовнішньому діаметру, оскільки обичайку виконуємо з труби).

Визначимо годинний об'єм пари за формулою нижче:

$$V_n = \frac{D_{вип}}{\rho''} = \frac{300}{1,863} = 171 \text{ м}^3/\text{год.} \quad (5.63)$$

Обчислюємо швидкість пари в паровому просторі за формулою наведеною нижче:

$$\omega_{n.n} = \frac{V_n}{3600 \cdot 0,785 \cdot D_{корп}^2} = \frac{171}{3600 \cdot 0,785 \cdot 0,382^2} = 0,7 \text{ м/с.} \quad (6.64)$$

Знайдемо значення критерію Рейнольдса для пари за формулою:

$$Re_n = \frac{\omega_{n,n} \cdot d_k}{v_n} = \frac{0,7 \cdot 0,0002}{4,5 \cdot 10^{-6}} = 31. \quad (5.65)$$

Оскільки $Re_n < 500$, то швидкість витання краплі визначається за формулою нижче:

$$\omega_{vit} = \sqrt{\frac{4 \cdot g \cdot (\rho_s - \rho) \cdot d_k}{3 \cdot \rho}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 9,81 \cdot (965 - 1,863) \cdot 0,0002}{3 \cdot 2,36 \cdot 1,863}} = 0,76 \text{ м/с}, \quad (5.66)$$

$$\text{де } \xi = \frac{18,5}{Re_n^{0,6}} = \frac{18,5}{31^{0,6}} = 2,36 - \text{коєф-т опору}. \quad (5.67)$$

Тому, швидкість пари в паровому просторі менша, ніж швидкість витання, тож необхідна умова попередження виносу крапель виконується.

Далі знайдемо потрібну мін. висоту парового простору. Сумарний перетин кип'ятильних трубок:

$$f_{mp} = 0,785 \cdot d_{\text{вн}}^2 \cdot n = 0,785 \cdot 0,012^2 \cdot 320 = 0,036 \text{ м}^2. \quad (5.68)$$

Швидкість пари на виході з кип'ятильних трубок розраховується за формулою наведеною нижче:

$$\omega_n = \frac{V_n}{3600 \cdot f_{mp}} = \frac{171}{3600 \cdot 0,036} = 3,46 \text{ м/с}. \quad (5.69)$$

По номограмі [3] при $p_{\text{вт}} = 0,42 \text{ МПа}$, $C_n = \omega_n = 3,46 \text{ м/с}$ і $D_{\text{корп}} = 472 \text{ мм}$ розраховуємо допустиме навантаження на 1-цю об'єму парового простору, значення якої 1,4 т/(м·год). Під час навантаження апарата в 0,84 т/год необхідна висота парового простору буде мати значення:

$$H_1 = \frac{V_{\text{вин}}}{1,4} = \frac{0,84}{1,4} = 0,6 \text{ м}. \quad (5.70)$$

Об'єм парового простору розраховується за формулою:

$$V_{n,n} = 0,785 \cdot D_{\text{корп}}^2 \cdot H_1 = 0,785 \cdot 0,476^2 \cdot 0,6 = 0,107 \text{ м}^3. \quad (5.71)$$

Розрахунок об'ємного напруження парового простору:

$$d' = \frac{V_n}{V_{n,n}} = \frac{451}{0,107} = 4225 \text{ м}^3 / (\text{м}^3 \cdot \text{год}), \quad (5.72)$$

що знаходиться в допустимих межах.

Розрахунок штуцерів

З рівняння витрат визначається діаметр штуцерів та трубопроводів

$$V = \frac{\pi d^2}{4} w, \text{ з іншого боку } V = \frac{G}{3600 \cdot \rho}, \quad (5.73)$$

де V – секундний об'єм пари або рідини, м³/с;

d – діаметр трубопровода, м;

w – швидкість пари або рідини, м/с;

G – годинна витрата пари або рідини, кг/год;

ρ – густина пари або рідини, кг/м³.

Загальна формула для обчислення діаметрів штуцерів буде такою:

$$d = 0,0188 \sqrt{\frac{G}{w \cdot \rho}} = 0,0188 \sqrt{\frac{G \cdot u}{w}}, \quad (5.74)$$

де u – питомий об'єм рідини або ж пари.

1. Штуцер для гріючої пари: витрата гріючої пари в годину – $G_{gp} = 980$ кг/год. Приймаємо швидкість пари рівною 20 м/с. Тоді розрахунок матиме вигляд:

$$d_1 = 0,0188 \sqrt{\frac{980 \cdot 0,3825}{20}} = 0,081 \text{ м}, \quad (5.75)$$

де $u_{gp} = 0,3825$ кг/м³ – питомий об'єм гріючої пари.

$d_{y1} = 100$ мм - приймаємо штуцер з діаметром умовного проходу

2. Штуцер для вторинної пари: приймаємо ш-сть вторинної пари рівною 25 м/с.

К-сть вторинної пари, або випареної води в колоні розраховується:

$$G = D \frac{b_0 - b_1}{b_0} = 300 \cdot \frac{100 - 10}{100} = 270 \text{ кг/год}, \quad (5.76)$$

де $b_0 = 100$ мл⁻¹ – початкова концентрація мікроорганізмів (у очищеній воді);

$b_1 = 100$ мл⁻¹ – кінцева концентрація мікроорганізмів (у воді для ін'єкцій).

Тоді розрахунок матиме вигляд:

$$d_2 = 0,0188 \sqrt{\frac{270 \cdot 0,4718}{25}} = 0,068 \text{ мм}, \quad (5.77)$$

де $v_{zp} = 0,4718 \text{ кг/м}^3$ – питомий об'єм вторинної пари.

$d_{y2} = 80 \text{ мм}$ - приймаємо штуцер з діаметром умовного проходу

3. Штуцер для відводу конденсату: приймаємо швидкість рідини рівною $1,5 \text{ м/с}$, густина конденсату при температурі $t = 100^\circ\text{C}$ має значення $\rho_k = 958 \text{ кг/м}^3$. Тож,

$$d_3 = 0,0188 \sqrt{\frac{G}{\rho_k \cdot w}} = 0,0188 \sqrt{\frac{270}{958 \cdot 1,5}} = 0,0144 \text{ м.} \quad (5.78)$$

$d_{y3} = 25 \text{ мм}$ - приймаємо трубу з умовним проходом

4. Штуцер для розчину, який подається на випарювання: кількість розчину, яка іде на випарювання $S = 1800 \text{ кг/год}$, її густина при $t = 90^\circ\text{C}$ $\rho_e = 965 \text{ кг/м}^3$. Тому:

$$d_4 = 0,0188 \sqrt{\frac{S}{\rho_e \cdot w}} = 0,0188 \sqrt{\frac{1800}{965 \cdot 1}} = 0,034 \text{ м.} \quad (5.79)$$

$d_{y4} = 40 \text{ мм}$ - приймаємо діаметр умовного проходу

5. Штуцер для розчину, який відводиться після закінчення роботи апарата (випарено води в першій колоні – 270 кг/год): кількість розчину, який виводиться з апарата, дорівнює $G_k = S - G_e = 1800 - 270 = 1530 \text{ кг/год}$. Тоді

$$d_5 = 0,0188 \sqrt{\frac{G_k}{\rho_e \cdot w}} = 0,0188 \sqrt{\frac{1530}{965 \cdot 1}} = 0,03 \text{ м.} \quad (5.80)$$

$d_{y5} = 32 \text{ мм}$ - приймаємо штуцер з діаметром умовного проходу

6. Підбір конструкційних матеріалів

Обираємо конструкційний матеріал апарату випарювання. Для виконання вимог і умов роботи апарату хімічно стійкою є сталь марки Х18Н10Т. Швидкість корозії її менше 0,1 мм / один рік (точкова корозія). Коефіцієнт теплопровідності 16,4 Вт / м·К.

Визначення конструкційних матеріалів для проектного випарного апарату обирається особливостями протікаючого в ньому технологічного процесу, значеннями робочих речовин, їх параметрами та характером механічної навантаження. Тим самим технологічні властивості конструкційного матеріалу обумовлюють спосіб одержання з нього деталей апарату.

Зазвичай теплообмінні апарати виготовляють на спеціалізованих заводах. Велика кількість продукції цих заводів нормалізована і представлена в каталогах та цінниках. Окрім профільних заводів, випарні апарати, розробляють за індивідуальними замовленнями і кресленнями неспеціалізовані машинобудівні заводи та майстерні. Теплообмінні апарати, призначені для роботи під тиском вище 0,7 атмосфер надлишкових незалежно від місця проектування і виготовлення, вони повинні відповідати правилам щодо пристрою, монтажу і місця експлуатації.

Посилаючись на "Правила будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском" за коректність конструкції посудини, його розрахунок на міцність та вибір матеріалу відповідає організація, що розробила конструкцію та зробила її розрахунок. Всі зміни, які можуть виникнути в під час виробництва або монтажу судини, мають бути погоджені між організацією, яка встановлює проект, і організацією, яка зробила запит на зміни проекту, оформлені у вигляді протоколу та підписані обома сторонам.

Відповідальна	Технічне узгодження	Вид документа		Статус документа			
Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назва Підбір	192093.МР.03.006.ПЗ				
	Документ затверджено		Інд.	Дата	Мова	Арку	

Матеріалом для виготовлення теплообмінної апаратури використовується прокатна сталь різних марок. Сталеві теплообмінні апарати широко використовуються в енергетичній, хімічній, нафтопереробній, харчовій, легкій та інших галузях промисловості. Велика кількість апаратів масового використання (теплофікаційні підігрівачі, конденсатори, випарники, випарні апарати, ректифікаційні колони деяких типів і ін.) нормалізовані і виготовляються спеціалізованими заводами та цехами у великих кількостях.

Апарат виготовляють згідно технологічного процесу, ступінь досконалості якого визначається якістю, трудомісткістю і термінами виготовлення виробу, а також потребою в механо—складальному і спеціальному обладнанні та робочій силі. Технологічний процес обирають найчастіше після порівняння декількох варіантів. Порядок виготовлення окремих деталей і вузлів та послідовність складання виробу передбачається у технологічному процесі.

У початковій частині розробки технологічного процесу є всі відомості про якість та порядок виготовлення апарату згідно до технічних умов: марки матеріалів за нормами, клас апарату, способи заготівельних операцій, умови зварювання, режими термічної обробки, вимоги до зварних швів, методи міжопераційного і кінцевого контролю, умови випробування готового виробу. Наступна частина розробки технологічного процесу полягає у виборі раціональних операцій обробки деталей, послідовності робочих операцій та виборі найбільш підходящого обладнання, інструментів та пристосувань. В завершальній частині розробки визначається кваліфікація робітників для різних задач технологічного процесу, трудомісткість робіт по кожній операції та по всьому процесу виготовлення виробу, час кожного процесу, кількість витрачених допоміжних матеріалів, розмір необхідної виробничої площі та місце встановлення.

7. Технологія машинобудування

Розроблення технологічного процесу складання клапана перепускного

При проектуванні та розробці схеми складання (технологічного маршруту) обрано клапан перепускний (рис. 7.1), пристрій, котрий призначений контролю температури води. Тобто із нагрівача вода подається перепускним клапаном у витримувач, коли температура води відповідає умовам технологічного процесу, а якщо вона нижча - клапан пускає воду іншим каналом на повторне підігрівання.

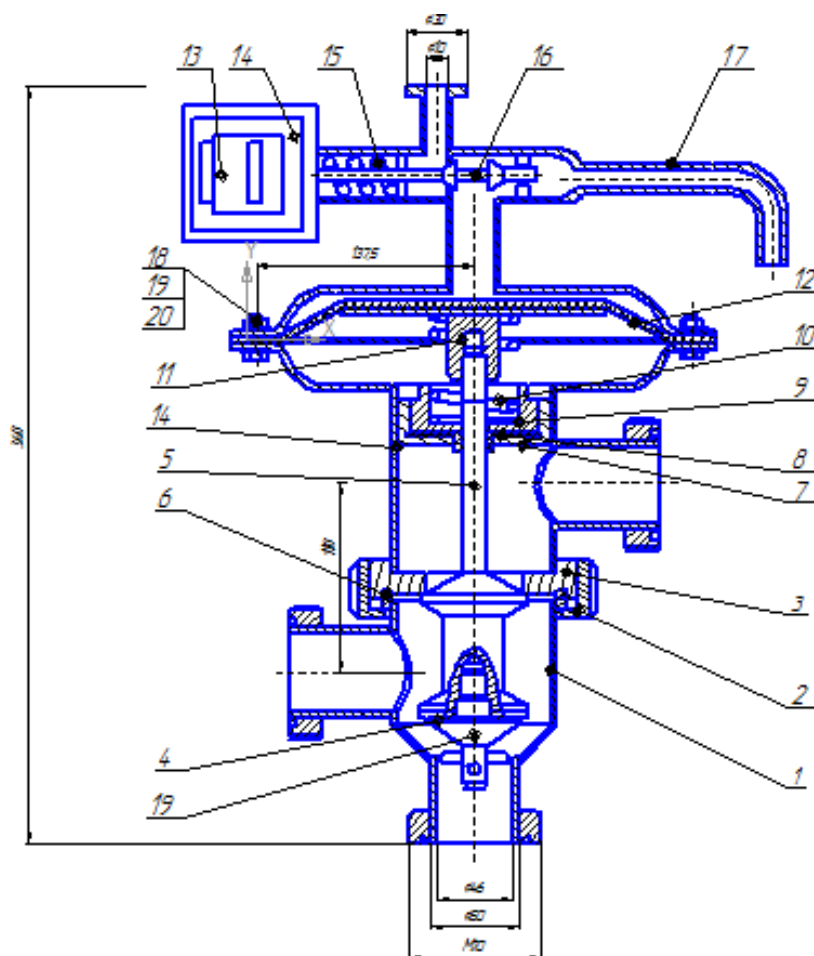


Рис. 7.1. Клапан перепускний

Відповідальна організація	Технічне узгодження	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назва Технологія машинобудування	192093.MP.03.007.ПЗ				
	Документ затверджено		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш	

<i>Номер позиції</i>	<i>Назва деталі</i>	<i>К-сть деталей</i>
1	Камера	1
2	Гайка накидна	1
3	Гайка	1
4	Ущільнення	1
5	Шток	1
6	Ущільнення	1
7	Стакан	1
8	Втулка	1
9	Стакан	1
10	Пружина	1
11	Диск	1
12	Мембрана	1
13	Електро-магніт	1
14	Корпус	1
15	Пружина	1
16	Шток	1
17	Кран	1
18	Корпус магніта	1
19	Шайба	8
20	Гайка	8
21	Болт	8

Таблиця 7.1. Подетальні складові клапана перепускного

З аналізу конструкції перепускного клапана (рис.7.1) необхідно виділити складальні одиниці 1-го порядку:

- * Складальна одиниця 1 (ск.1): Камера
- * Складальна одиниця 2 (ск.2): Корпус
- * Складальна одиниця 3 (ск.3): Електро-гідравлічний вузол

Також відомі окремі деталі:

- * Болти 21
- * Шайби 20
- * Гайки 19

Схему складання клапана перепускного зображено діаграмою на рис. 7.2.

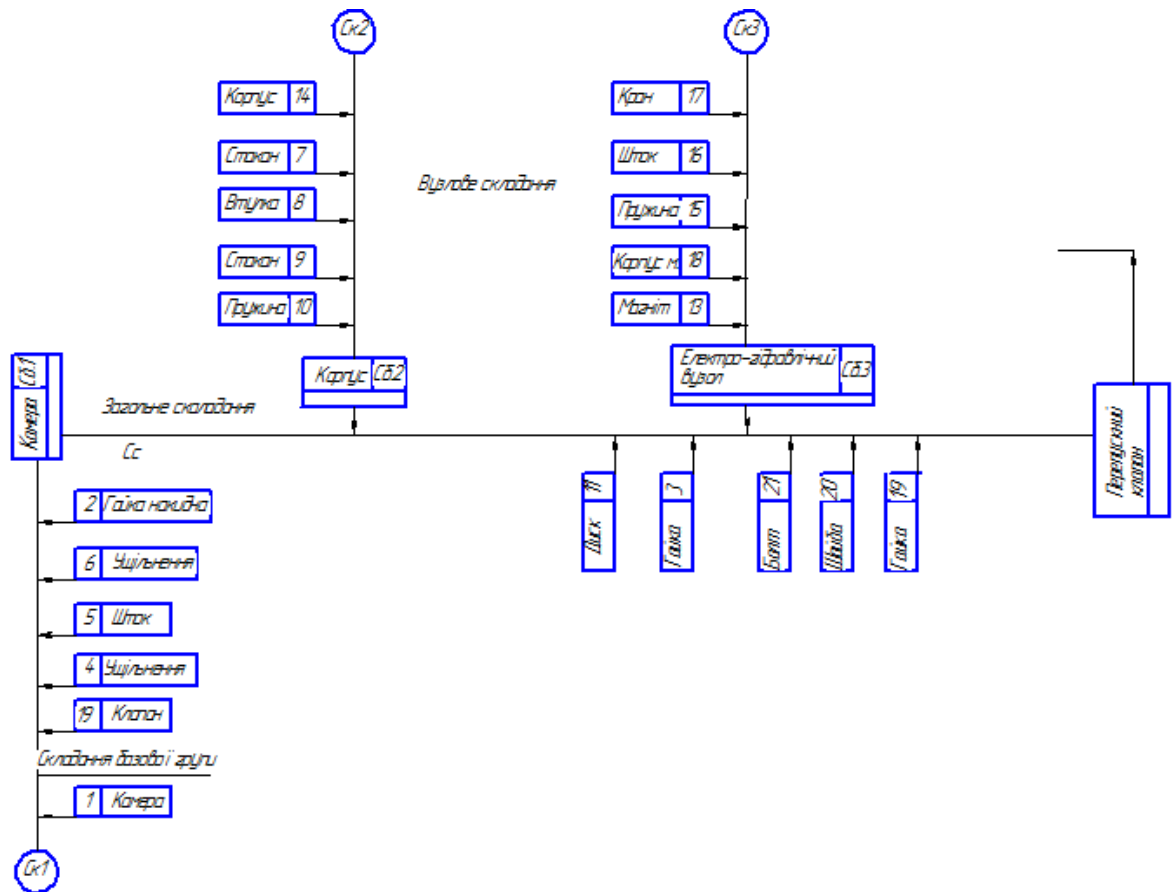


Рис. 7.2. Схема складання клапана перепускного

Лінії, що зображені вертикально стрілками - відповідають послідовності складання окремих складальних одиниць, горизонтальна ж лінія в центрі схеми відповідає послідовності з'єднання складальних одиниць 1-го порядку з використанням стандартних виробів. У прямокутниках розміщені найменування деталей і номери їхніх позицій на кресленні, а в прямокутниках з двома потовщеними лініями подано найменування складальних одиниць 1-го порядку. Також, використовуються умовні технологічні позначення: Сс – складання на столі;; З – зварювання; Вив. – вивірка; Конт. – контроль; Вип. – випробування; Фар. – фарбування.

Технологічний маршрут складання клапана перепускного полягає в описі короткого змісту операцій з необхідними переходами, наведено в табл.

7.2

Таблиця 7.2. Технологічний маршрут складання клапана перепускного

операції	№ переходу, зміст переходу
10. Складання камери (Ск. 1)	10.1 Установити камеру 1 на складальному столі 10.2. Очистити отвори від стружки 10.3. Установити на торець штоку 5 ущільнення 4 10.4. З'єднати клапан 19 із штоком 5 10.5. Установити накидну гайку 2 10.6. Установити ущільнення 6 10.7. Вкрутити гайку 3
20. Складання корпусу (Ск. 2)	20.1. Очистити отвори від стружки 20.2. Вставити стакан 7 до корпусу 14 20.3. Встановити втулку 8 до стакану 7 20.4. Вставити стакан 9 до стакану 7 20.5. Установити пружину 10 20.6. Ввести шток 5 у отвір втулки 8 20.7. З'єднати корпус 14 із камерою Ск. 1 за допомогою гайки 3 20.8. З'єднати шток 5 із диском 11 попередньо стиснувши пружину 10 20.9. Установити мембрану 13 на корпус 14
30. Складання електро-гідравлічного вузла (Ск. 3)	30.1. Встановити в корпус крана 17 шток 16 30.2. Вставити пружину 15 на шток 16 30.3. Встановити корпус електромагніта 18 30.4. Установити електромагніт 13 на корпус 18
40. Загальне складання (Ск. 4)	40.1. Установити корпус крана 17 на корпус 14 40.(2-10). Установити болти 21 40.(11-19). Установити шайби 19 на болти 21 40. (20-28) Закрутити гайки 20 на болтах 21
50. Контрольна	50.1. Проконтролювати роботу циліндра під тиском
60. Фарбування	60.1 Пофарбувати виріб
70. Консервація	70.1. Нанести захисне покриття

Розрахунок надійності штоку при експлуатації

Для обчислення ймовірності безвідмовної роботи штоку перепускного клапана потрібно визначити його геометричні розміри, які будуть використані для користування таблицями. Для прикладу, d_1 - діаметр штоку, який дорівнює 20 мм.

Потім за довідником знаходимо для матеріалу валу границю міцності при розтягу $\sigma_{вр}$, яке дорівнює 700 мпа для сталі 45.

Далі з документації вузла з'ясовуємо значення згинаючого та крутного моментів: $M_{зг} = 70 \text{ н} \cdot \text{м}$; $M_{кр} = 50 \text{ н} \cdot \text{м}$. Розподіл моментів підпорядковується нормальному закону.

Шляхом інтерполяції знаходимо ефективні коефіцієнти напружень при згинанні та крученні вала для галтелі при вала при $\sigma_{вр} = 700 \text{ МПа}$

$$K_{\sigma} = 2,71; K_{\tau} = 1,52.$$

Масштабний фактор при згинанні та крученні штоку розраховуємо за допомогою використання табл. 4 відповідно до його діаметра $d_1 = 20 \text{ мм}$ коефіцієнти рівні:

$$\varepsilon_{\sigma} = 0,89; \varepsilon_{\tau} = 0,8.$$

Середні значення амплітуд напружень при згинанні та крученні для штоку визначаємо за наступними формулами:

$$\sigma_{зг} = \frac{M_{зг}}{W_{зг}} = \frac{32M_{зг}}{\pi d_1^3} = \frac{32 \cdot 70 \cdot 10^3}{\pi (20)^3} = 90 \text{ МПа};$$

$$\tau_{кр} = \frac{M_{кр}}{W_{кр}} = \frac{M_{кр}}{0,2d_1^3} = \frac{50 \cdot 10^3}{0,2(20)^3} = 31 \text{ МПа},$$

де - $W_{зг}$, $W_{кр}$ - моменти опору при згинанні та крученні на критичному перерізі, мм^3 .

Коефіцієнти запасу міцності при згинанні та крученні штоку розраховуємо:

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{K_{\sigma}}{\varepsilon_{\sigma}} \sigma_u} = \frac{280}{\frac{2,68}{0,89} 90} = 1,03;$$

$$n_{\tau} = \frac{2\tau_{-1}}{\frac{K_{\tau}}{\varepsilon_{\tau}} \tau_{кр}} = \frac{2 \cdot 140}{\frac{1,62}{0,8} 31} = 4,46;$$

де $\sigma_{-1} = 280$ МПа, $\tau_{-1} = 140$ МПа – границі витривалості матеріалу штоку (Сталь 45) відповідно при згинанні та крученні (довідникові дані).

Загальний сумарний коефіцієнт запасу міцності визначається за формулою:

$$n = \frac{n_{\sigma} \cdot n_{\tau}}{\sqrt{n_{\sigma}^2 \cdot n_{\tau}^2}} = \frac{1,03 \cdot 4,46}{\sqrt{1,03^2 \cdot 4,46^2}} = 4,5938.$$

Середнє квадратичне відхилення амплітуд напружень

$$S_a = \frac{A \cdot \sigma_{зг}}{3} = \frac{0,71 \cdot 90}{3} = 21,3 \text{ МПа, де } A = \frac{M_{кр}}{M_{зг}} = \frac{50}{70} = 0,71.$$

Коефіцієнт варіації амплітуд

$$v_a = \frac{S_a}{\sigma_{зг}} = \frac{21,3}{90} = 0,237.$$

Приймаємо сумарний коефіцієнт варіації амплітуд $v_a = 0,3$. Знаходимо за графіком ймовірність відмови. Враховуючи співвідношення між ймовірностями безвідмовної роботи і відмов, ймовірність безвідмовної роботи вала становить:

$$P(t) = 99,9(9)$$

Одержаний показник свідчить, що шток має високу експлуатаційну надійність.

Розроблення структурної схем сертифікації елементу обладнання

Об'єктом сертифікації може бути як вузол, так і окрема деталь. За умови виробництва одиничних продуктів, без видачі сертифікату відповідності, обираємо модель сертифікації за номером 1.

При цьому визначаємо обов'язковість проведення наступних робіт щодо виробів, які сертифікуються:

- Обстеження виробництва - не проводиться;

- Випробування з метою сертифікації - проводяться по кожному виробу;

- Технічний нагляд за виробництвом - не проводиться.

Загальний порядок проведення сертифікації продукції згідно з ДСТУ 3413-96 складається з наступних етапів:

1. Подання та розгляд заявки на сертифікацію продукції;
2. Аналіз наданої документації;
3. Прийняття рішення за заявкою із зазначенням схеми (моделі) сертифікації;
4. Обстеження виробництва;
5. Атестацію виробництва продукції, що сертифікується, або сертифікацію системи якості, якщо це передбачено схемою сертифікації;
6. Відбирання, ідентифікацію зразків продукції та їх випробування;
7. Аналіз одержаних результатів та прийняття рішення про можливість видачі сертифіката відповідності;
8. Видачу сертифіката відповідності, укладання ліцензійної угоди та занесення сертифікованої продукції до реєстру системи;
9. Визнання сертифіката відповідності, що виданий закордонним органом;
10. Технічний нагляд за сертифікованою продукцією;
11. Інформацію про результати робіт з сертифікації.

Базуючись на аналізі конструкції виробу та умови його роботи, визначено шифр виробу як 2211, що означає, що виріб відноситься до відновлювальних виробів, які експлуатуються до відмови або до досягнення граничного стану у безперервному режимі роботи та з наявністю відмови в якості домінуючого причини наслідків відмови. Це дозволяє виявити нормовані показники надійності для виробу: T_0 (T_{cp}) та T_y .

Основними показниками, які необхідно перевірити при іспитах виробу є механічні та геометричні показники (відповідність розмірам, допускам та

посадкам, тощо). Для контролю цих характеристик виробу застосовуємо наступні прилади:

- твердомір моделі HRA-1;
- мікрометр гладкий цифровий МКЦ 50 (25...50 мм) з ціною поділки шкали 0,001 мм;
- прилад для контролю шорсткості поверхні - індикаторний глибиномір И402 або И405 або інші.

8. Правила монтажу, та технічного сервісу модернізованого обладнання

Підготовка установки до роботи

Перед монтажем устаткування ознайомтеся з паспортом та перевірте комплектність. Вимити зовнішні поверхні устаткування 3% розчином перекису водню з додаванням 0,5% мийного засобу типу "лотос".

Устаткування повинне бути встановлене на рівній і горизонтальній поверхні. Вибирати висоту кріплення враховуючи зручний доступ для обслуговування. Устаткування рекомендується встановлювати в приміщенні з хорошим провітрюванням чи витяжною вентиляцією.

Технічне обслуговування

При першому включенні або при пуску після тривалого зберігання, виробу можна застосовувати тільки після перевірки якості води, що потребує не менше 12 годин всередині сухого й теплого приміщення. Період стабілізації для отримання якісної води може доходити до 24 годин. Залежно від жорсткості води, необхідно очищати від накипу електронагрівач і електрод датчика рівня.

Перевірка технічного стану і поточний ремонт

Контроль технічного стану (КТС) проводиться відповідним технічним та експлуатаційним персоналом, ознайомленим з інструкціями по експлуатації. КТС проводиться:

- після монтажу обладнання на місці його експлуатації;
- після довгих зупинок у роботі (більше 3 місяців);
- при передачі акваустаткування іншій установі (проводиться одержувачем спільно з орендодавцем).

Технічне обслуговування та поточний ремонт акваустаткування проводить експлуатуюча організація.

Відповідальна	Технічне узгодження	Вид документа		Статус документа			
Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назва Правила монтажу, та технічного сервісу	192093.МР.03.008.ПЗ				
	Документ затверджено		Інд.	Дата	Мова	Арку	

Технічне обслуговування (ТО)

Щоденне технічне обслуговування (ЕТО) і періодичне технічне обслуговування (ПТО) передбачається для акваустаткування. При виконанні (ЕТО) та ПТО персонал повинен дотримуватися відповідних заходів безпеки і відключити устаткування від мережі. При виконанні (ЕТО) персонал повинен очищати деталі і складальні одиниці від пилу, бруду і слідів корозії, а також перевіряти якість заземлення (занулення). Крім того, при проведенні (ЕТО) необхідно кожні два тижні проводити очищення від накипу й відкладень з поверхні стрижня датчика рівня, а також очищати камеру випаровування, електронагрівачі і колектор від накипу механічним або іншим методом, не руйнуючи поверхню. Після проведення (ЕТО) необхідно провести трикратне пропарювання устаткування. ПТО проводиться не рідше одного разу на місяць і включає в себе всі зазначені в таблиці 1 роботи, а також перевірку заземлення (занулення).

Поточний ремонт

Поточний ремонт устаткування проводиться з метою відновлення його працездатності при відмові або несправності. Для цього задіяний кваліфікований персонал, який відповідає за обслуговування техніки. Також необхідно дотримуватися правил безпеки, відповідно до п. 7 паспорта. Поточний ремонт містить в собі виявлення несправностей, усунення та перевірку виробу після виконання. Якщо устаткування не працює, необхідно визначити причину та провести технічний аналіз, враховуючи паспорт обладнання. Поточний ремонт, який виконується під час експлуатації, може бути виконаним шляхом заміни поламаних частин або відновного ремонту.

9. Принципи автоматизованого управління об'єктом проектування

Розробка АСУ ТП технологічного процесу та завдання АСУ ТП

Основою розробки АСУ ТП є побудова моделей виробничих процесів та процесів збору та обробки інформації про хід цих процесів. Це дозволяє прогнозувати результати майбутніх експериментів.

АСУ ТП призначена для виконання наступних завдань:

- управління технологічним процесом випарювання і класифікації,
- безперервного вимірювання,
- контролю та регулювання технологічних параметрів,
- діагностики та контролю стану обладнання.

Режими роботи системи

Система може реалізовувати наступний режим роботи залежно від умов роботи та характеру виконання виконавчих команд:

- Автоматичний – управління з ЕОМ. Ця система управління в БД зберігає вказівки на дії, які виконуються в певних ситуаціях.
- Ручний – управління на місцевому щиті.

Функціональна структура проектованої системи

На підприємстві потрібно створити дворівневу систему управління, яка буде забезпечувати фіксацію даних на місцевому щиті майстра та ЕОМ оператора.

Нижній рівень буде відповідати за контроль результатів вимірювань, цифрове управління по датчикам, виконавчим механізмам, автоматичне перемикання та виконання команд верхнього рівня.

Верхній рівень буде відповідати за відображення стану технологічного процесу, архівування даних, збереження змін параметрів, довідкову систему та інтерфейс.

Відповідальна	Технічне узгодження	Вид документа			Статус документа		
Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назва Принципи автоматизованого	192093.МР.03.009.ПЗ				
	Документ затверджено		Інд.	Дата	Мова	Арку	

Концептуальна модель

Для побудови концептуальної моделі конкретного об'єкта потрібно визначити залежності між концентрацією упареного розчину та іншими параметрами. Це дозволить переходити від словесного опису до математичної моделі об'єкта.

Мета управління випарної установки в отриманні розчину заданої концентрації Q_u , та в регулюванні матеріального і теплового балансів.

Концентрація упареного розчину в залежності від витрати, концентрації та температури вихідного розчину, витрати та тиску пари, що гріє, тиску у випарних апаратах. Що стосується мети управління схемою автоматизації, то передбачають регулювання концентрації упареного розчину.

Один з основних параметрів регулювання – концентрація упареного розчину.

Структурована схема процесу випарювання зображена на малюнку 2.

На Рис. 9.1. використані наступні позначення:

Витрата вихідного розчину – $F_{\text{вих. розчин.}}$,

концентрація вихідного розчину – $Q_{\text{вих.}}$,

тиск гріючої пари – $P_{\text{гр. пари}}$,

температура вихідного розчину – $T_{\text{вих.}}$,

тиск у випарному апараті – $P_{\text{вип. апарат.}}$,

концентрація упареного розчину – $Q_{\text{упар.}}$,

витрата гріючого пари – $F_{\text{гр. пари}}$.

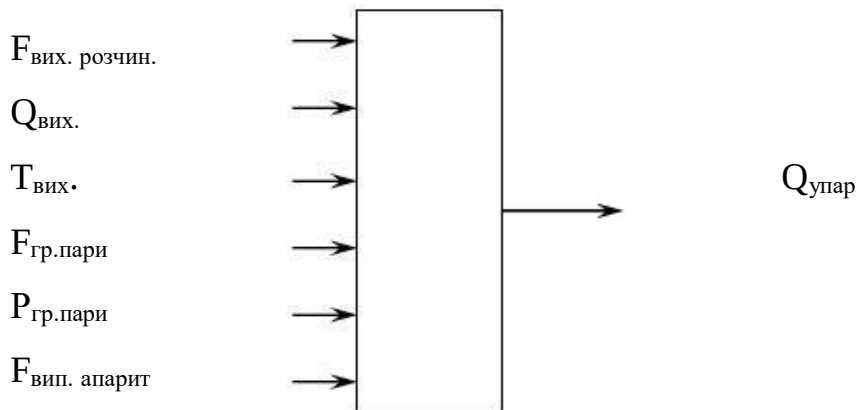


Рис. 9.1. Структурна схема процесу випарювання

Керуючою вагою можуть служити: витрати вихідного розчину; витрати гріючої пари.

Функціональна схема автоматизації процесу

Система автоматизації являє собою автоматичний контроль тиску пари, який гріє в I корпусі трьохкорпусної МВУ, рівня розчину в кожному корпусі, щільності готового продукту; блокування від зниження рівня розчину в корпусах МВУ, розрідження в останньому корпусі.

Стабілізація тиску гріючої пари в I корпусі здійснюється відслідковуючою системою регулювання. Витрати розчину на МВУ є завданням регулятора тиску.

Концентрація упареного розчину залежить від багатьох критеріїв: витрати, концентрації та температури вихідного розчину, витрати та тиску пари, що гріє, тиску у випарних апаратах. Що до мети управління схемою автоматизації передбачають її регулювання концентрації упареного р-ну.

Концентрацію можна виміряти за допомогою кондуктометричного методу, а саме: по щільності розчину, за показником заломлення світла або за величиною температурної депресії розчину. Інакше кажучи по різниці температур кипіння ΔT р-ну та розчинника. За рахунок цього первинний вимірювальний перетворювач температури кипіння розчину розміщують на

трубопроводі киплячого р-ну після кип'ятильника, та вимірювальний перетворювач температури кипіння розчинника – на трубопроводі відведення парів розчинника Q_y .

Дані прилади укомплектовують передавальним перетворювачем, сигнал на виході якого відповідний різниці температур T . Регулятор к-ції впливає на клапан, який встановлений на лінії відводу упареного розчину з випарного апарату. При збільшенні, як приклад, поточної концентрації відносно заданого значення регулятор підвищує витрату упареного розчину, який зменшує час знаходження його в апараті і спонукає зниження концентрації розчину до заданого значення Q_y .

Під час відведення упареного розчину з останнього апарату по його концентрації матеріальний баланс установки підтримують, зберігаючи рівність між к-стю розчиненої речовини, яка йде з установки, і кількістю речовини, яка надходить разом з вихідним розчином.

Це забезпечується підтримкою постійності рівня розчину у випарних апаратах за рахунок впливу на клапани, які встановлені на трубопроводах подачі розчину у конкретний апарат. Під час зростання витрат упареного розчину рівень в апараті знижується, який викликає підвищення подачі розчину в апарат.

Тепловий баланс ходу процедури випарювання при невеликих коливаннях витрати вихідного розчину забезпечують регулятором витрат на трубопроводі подачі пари, який гріє в кип'ятильнику 2 першого корпусу установки.

Задовільний тепловий режим роботи випарної установки можливий виключно під час подачі вихідного розчину з постійною температурою T_K , наближеною до температури кипіння р-ну. Для реалізації цього встановлюють регулятор температури вихідного розчину, сигнал якого впливає на клапан, який змінює подачу пари, яка гріє у теплообміннику – підігрівачі вихідного розчину 3.

У разі якщо весь вторинний пар з попереднього корпусу направляють в кип'ятильник 2 подальшого, то тиск (розрідження) стабілізують лише в останньому корпусі, змінюючи їх за допомогою. Останнє, найчастіше, досягають за рахунок зміни подачі охолоджуючої води в барометричний конденсатор 4.

При такій схемі регулювання в корпусах встановлюються всі менші тиски по ходу розчину і забезпечується різниця температур між вторинним пором з попереднього корпусу і розчином, киплячим в подальшому корпусі, тобто забезпечується рушійна сила процесу випарювання.

Зі зміною витрати розчину, що подається на останній корпус з попереднього Q_y , можна регулювати концентрацію упареного розчину.

Упарений розчин з останнього корпусу в даному випадку відводять по сигналу регулятора за рівнем.

У випадку якщо витрата вихідного розчину залежить від роботи попередніх технологічних установок, але коливання його незначні, тоді концентрацію упареного розчину можна регулювати зміною подачі пари, яка обігріває установку. У цьому випадку за рахунок регуляторів рівня в випарних апаратах змінюють к-сть відведеного з них розчину.

У таблиці 9.1. приведені основні технічні засоби автоматизації, які використовуються в системі.

Таблиця 9.1. ТСА, використовувані в системі

1. Прилад, який реєструє витрати (РП 160–28)	
2. Прилад, що здійснює реєстрацію і р-ння рівня рідини (гідростатичний рівнемір) (КСД2)	
3. Прилад, що здійснює реєстрацію і р-ння витрати рідини (Т–MASS–28–1)	
4. Прилад, що здійснює реєстрацію і р-ння температури (технографи 160М)	
5. Прилад, що здійснює реєстрацію і р-ння температури	

6. Прилад, що здійснює реєстрацію і р-ння тиску (КСД2)	
7. Перетворювач датчика РП 160–28 (він перетворює природний електричний сигнал в уніфікований струмовий сигнал (Е / Е)), розташований за місцем	
8. Перетворювач датчика КСД2 (перетворює природний електричний сигнал в уніфікований струмовий сигнал (Е / Е)), розташований за місцем	
9. Вторинний прилад Диск–250 М показує запис, розташований на щиті	
10. Вторинний прилад Диск–250 М показує запис, розташований на щиті	
11. Перетворювач датчика Т–MASS–28–1 (перетворює природний електричний сигнал в уніфікований струмовий сигнал (Е / Е)), розташований за місцем	
12. Вторинний прилад Диск–250 М показує, запис, розташований на щиті	
13. Прилад, що регулює витрату (РП 160–28)	
14. Прилад, що регулює витрату (РП 160–28)	

Опис режимів функціонування об'єкта

У все загальному випадку усі режими функціонування технологічного процесу управління процесом випарювання можна поділити на наступні групи:

1. Режим задовільної експлуатації;
2. Передаварійні режими експлуатації;
3. Аварійні режими експлуатації.

Характеристиками і можливостями устаткування визначається допустимість тих чи інших режимів роботи.

Установка вважається безпечною, у тому випадку якщо при тривалій її експлуатації у всіх режимах, включаючи аварійні, буде виключено серйозне

пошкодження потенційно небезпечних вузлів та забезпечена відповідний захист установки персоналу.

Основні фази виробничого процесу під час режимів нормальної експлуатації:

- сам технологічний процес;
- підготовку до пуску технологічного комплексу (ТК);
- запуск ТК;
- зупинка ТК.

Передаварійні режими роботи стосуються наступних випадків:

- параметри регулювання системи перебувають в допустимих, але наближених до критичних значень;

До числа аварійних режимів роботи ТК необхідно віднести:

- відключення електричного живлення;
- припинення подачі вихідного розчину;
- режим роботи при виході за певні межі різних параметрів регулювання;
- при поломці різних контролюючих пристроїв (датчиків);
- при відсутності зв'язку з об'єктом.

10. Заходи з охорони праці

Система заходів з охорони праці займається розробкою засобів для забезпечення безпеки життя і здоров'я працівників в процесі їх трудової діяльності, тобто ця система вміщує в собі заходи, які поодинці або в сукупності спрямовані на створення умов праці, що відповідають вимогам збереження життя та здоров'я працівників в процесі трудової діяльності.

Фармацевтична промисловість – одна з провідних галузей народного господарства України. До неї входить комплекс виробництв, які поряд з хімічними методами обробки вихідних матеріалів широко застосовують біологічний синтез лікарських речовин.

Фармацевтичне виробництво має певні особливості, що визначають специфіку його розвитку:

–по–перше, високі вимоги до якості продукції, гарантією якої є дотримання під час виробництва обов'язкових принципів, норм і правил Належної виробничої практики — "Good manufacturing practice" (GMP);

–по–друге, швидке оновлення номенклатури лікарських засобів і порівняно невеликі обсяги їх випуску;

–по–третє, великі різноманітність і витрати вихідної сировини та матеріалів, зумовлені складністю синтезу лікарських субстанцій і біологічно активних речовин.

Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів при виготовленні лікарських засобів

Технологічні процеси з виготовлення лікарських засобів здійснюють у виробничих приміщеннях. Виробниче приміщення (ДСТУ 2293 –93) — замкнутий простір у спеціально призначених будівлях і спорудах, в якому постійно (по змінах) або періодично (протягом робочого дня) відбувається трудова діяльність людей.

Відповідальна	Технічне узгодження	Вид документа		Статус документа			
Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назва Заходи з	192093.MP.03.010.ПЗ				
	Документ затверджено		Інд.	Дата	Мова	Арку	

Виробничі приміщення мають відповідати санітарно –гігієнічним вимогам. Так, об'єм виробничого приміщення на одного працівника має становити не менше 15 м³, а площа — 4,5 м², висота — 3 м.

У приміщеннях класу А передбачено ламінарний повітряний потік зі швидкістю 0,45 м/с, у приміщеннях інших класів — відповідно до розрахунку. Між класифікованими і некласифікованими зонами перепад тиску має становити не менше 15 Па, між зонами нижчих класів — не менше 10 Па.

У тих випадках, коли концентрація забруднюючих речовин у повітрі, що видаляють з виробничих приміщень, перевищує гранично допустимі значення і не відповідає санітарним нормам, його потрібно пропускати через обладнання для очищення. Пристрої для викиду видаленого повітря в атмосферу потрібно розміщувати на висоті не менше 1,5 м над рівнем даху виробничих будівель.

Під час виконання роботи у виробничому приміщенні на працівника можуть впливати такі шкідливі та небезпечні фактори виробничого середовища:

- токсична і подразлива дія шкідливих речовин на організм людини скрізь органи дихання, шкіряні покрови і слизові оболонки;
- підвищений рівень шуму і вібрації на робочому місці;
- підвищена запиленість повітря робочої зони;
- небезпечний рівень напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може пройти крізь тіло людини;
- рухомі частини технологічного обладнання, машин та механізмів;
- підвищена температура поверхні обладнання;
- підвищена або понижена температура повітря у виробничому приміщенні;
- низька освітленість робочої зони.

Як показують дослідження, основним несприятливим діючим чинником виробничого середовища на підприємствах фармацевтичної промисловості є забруднення шкідливими органічними і неорганічними речовинами повітря робочої зони, одягу і шкірних покривів. Забруднення повітря токсичними речовинами можливо на усіх етапах технологічного процесу : при підготовчих, основних і завершальних операціях. Головними причинами вмісту шкідливих речовин в повітрі виробничих приміщень є недосконалість устаткування, порушення технологічних режимів, відсутність або недостатня механізація багатьох операцій, зв'язаних з транспортуванням, завантаженням і вивантаженням матеріалів з апаратів, застосування негерметичного устаткування, переливання хімічних продуктів при заповненні апаратів та ін.

Джерелом виробничого шуму на робочих місцях при виготовленні лікарських засобів є багато технологічних апаратів. До них відносяться компресори, вакуум-фільтри, барабанні сушарки, центрифуги, дробарки, вібросита, вакуум-насоси, вентилятори, та ін. Рівень шуму у ряді випадків може перевищувати допустимий. Так, на робочих місцях у центрофужному відділенні рівні звукового тиску можуть перевищувати допустимі величини на 5 дБ, у вакуум-насосі на 5–6 дБ, у компресорній на 14–17 дБ. Найбільш несприятливими ділянками є машинні відділення, де сумарний рівень високочастотного звукового тиску нерідко перевищує допустимі величини на 20 – 25 дБ.

На завершальній стадії отримання ліків найчастіше високі рівні забруднення повітря пилом готового лікарського засобу у декілька разів перевищують допустимі, що спостерігається в процесі таблетування, дражування, сушіння, помелу, просіювання сумішей, фасування і пакування готових ліків. У цих умовах лікарський пил слід розглядати як виробничу шкідливість і вважати промисловою отрутою. Зміст пилу в повітрі робочої зони при роботі на вібраційних ситах і особливо при ручному просіюванні може в 5 разів і більше перевищувати допустимі величини. Так, в час

ручного фасування концентрація пилу в зоні дихання працюючих може сягати 100 мг/м³ і більше.

Організаційні та конструктивно–технологічні заходи для зниження впливу шкідливих виробничих факторів

ЄМР – це комплекс вимог, які ставляться перед підприємством – виробником лікарських засобів, щодо навчання і кваліфікації персоналу, відповідності приміщення, й обладнання, якості інгредієнтів, зберігання і транспортування продукції. GMP – це сукупність визнаних і прийнятих у діловому світі до практичного застосування нормативів і правил (будівельних, санітарних, пожежних і та ін.). Україна, відповідно до стратегії європейської інтеграції, взяла за основу Європейський стандарт GMP ЄС і розробила національні правила, викладені в офіційному керівництві. Наказом МОЗ України від 14 грудня 2001 року №506 затверджено керівництво 42–01–2001 “Лікарські засоби. Належна виробнича практика”.

Для індивідуального захисту від шкідливих речовин працівники мають спеціальний робочий одяг, що включає в себе:

- халат або бавовняний костюм;
- капці шкіряні;
- респіратор «Пелюсток»;
- ковпак;
- рукавички гумові.

Якщо концентрація шкідливих речовин у повітрі робочої ділянки становить

50—2 000 ГДК, рекомендовано забезпечувати працівників фільтрувальними протигазами. До їх складу входять лицева частина та фільтрувально –поглинальна коробка. Завдання льевої частини — ізоляція ОД, обличчя й очей людини від дії шкідливих речовин і підведення очищеного у фільтрувально–поглинальній коробці повітря до дихальних шляхів.

На все технологічне обладнання, яке використовують на фармацевтичних підприємствах, має бути така документація:

- паспорт (оформляє підприємство–виробник);
- сертифікат безпеки (результати експертизи на відповідність певним вимогам безпечності);
- інструкція з експлуатації.

Служба охорони праці підприємства на всі види обладнання та виробничі блоки зобов'язана оформити картки небезпеки відповідно до "Методичних рекомендацій щодо порядку розробки, узгодження, затвердження та впровадження ПЛАС на підприємствах з виробництва лікарських засобів", а також регулярне технічне обслуговування обладнання.

Для попередження про небезпеку застосовують звукові, світлові та кольорові сигнали. Сигнальні пристрої встановлюють так, щоб персонал міг бачити та чути їх.

Для персоналу, що обслуговує апарати, має бути розроблено інструкції з техніки безпеки, які після затвердження головним інженером підприємства вивішуються поблизу апарата на видному місці. Виконання основних вимог інструкцій — обов'язок працівників.

У фармацевтичній промисловості під час обладнання складів для зберігання речовин різних груп небезпеки потрібно враховувати правила і положення санітарної та пожежної безпеки, що є загальними для всіх складів. У приміщеннях, у яких зберігають хімічні речовини, мають бути опалення, освітлення та вентиляція. Метеоумови на складах залежать від властивостей речовин, які там зберігають. Речовини потрібно зберігати в тарі та упакуванні, що регламентовані відповідними стандартами або технічними умовами.

Пожежна безпека

Дільниці та приміщення цеху на фармацевтичному підприємстві є пожежонебезпечними, це підтверджує табл. 101.

Первинні засоби пожежогасіння та порядок приводу їх в дію:

1. Пожежні крани застосовуються для подачі до місця пожежі води, що використовуються для використання для тушіння твердих горючих речовин та матеріалів. Для приведення пожежного крану в дію необхідно відкрити дверці його

ящику, дістати пожежний рукав та розгорнути його. Відкрити вентиль пожежного крану. Потік води направити на край вогню.

2. Вогнегасники вуглекислотні ВВ – 2, ВВ – 5 застосовуються для тушіння твердих горючих речовин, легкозаймистих рідин, а також електрообладнання, яке знаходиться під напругою. Вуглекислотні вогнегасники це сталі балони, в горловину яких на конусній різьбі вгвинчений латунний вентиль з сифонною трубкою, раструб приєднаний до вентилу шарніру. Запірний вентиль має запобіжний прилад мембранного типу, який автоматично розряджає балон вогнегасника при підвищенні тиску більш допустимого.

Таблиця 10.1. – Класифікація типів приміщення відповідно до пожежної безпеки

№	Приміщення	Категорія по СНіП	Клас по ПУЄ	Засоби пожежогасіння
1	Підготовка сировини	В	П–П	ВВ – 2; вода
2	Приготування таблеткових та капсульних мас	В	П – П	ВВ – 3, ВП – 5; вода
3	Сушка таблеткових та капсульних мас	В	П – П	ВВ – 2; вода
4	Таблетування та капсулювання	В	П – П	ВВ – 3, ВП – 5; вода
5	Фасування	В	П – П	ВВ – 3, ВП – 5; вода
6	Оформлення готової продукції	Д	П – Па	ВВ – 2, ВП – 5; вода

Для переводу в дію вуглекислотного вогнегасника необхідно взяти його за рукоятку, відкрити запірний вентиль та направити струмінь вуглекислоти на вогонь. При роботі вогнегасник необхідно тримати в вертикальному положенні. При роботі заборонено триматись за раструб

вогнегасника. Через кожні 3 місяці вогнегасник потрібно зважувати. При зменшенні маси на 10 % та більше від початкової, вогнегасник здають на дозарядку. Мінімальна вага заряду повинна бути: для вогнегасників ВВ – 2 не менш 1,25 кг, для ВВ – 5 не менш 2,85 кг. Два рази на місяць слід проводити огляд та перевіряти наявність і стан пломб. При пошкодженні або відсутності пломб необхідно зважити вогнегасник незалежно від дати останньої перевірки. Якщо маса відповідає вказаній на корпусі, вогнегасник слід знову опломбувати. В противному випадку вогнегасник підлягає дозарядці.

3. Вогнегасник порошковий ВВ – 5 застосовується для тушіння легкозаймистих та горючих рідин, фарб, лаків, пластмас, а також електричних приладів, які знаходяться під напругою 1000 В.

Для переводу в дію вогнегасника ВП – 5 необхідно:

1. витягнути запобіжник;
2. натиснути на кнопку та відпустити її;
3. направити раструб на вогонь;
4. натиснути на рукоятку;

Зберігати вогнегасник можна у будь-якому положенні, в сухому приміщенні при температурі від -50°C до $+50^{\circ}\text{C}$. Не допускати попадання на поверхню вогнегасника сонячних променів. Вогнегасник підлягає періодичній перевірці (не менше 3-х разів на рік) перемішування порошку всередині корпусу. У випадку відсутності перемішування, порошок слід висипати та просушити при температурі $30-50^{\circ}\text{C}$, після чого знову засипати його в корпус вогнегасника.

4. Вогнегасник порошковий ВВ – 2 застосовується для тушіння твердих горючих речовин, ЛЗР та ГР, горючих газів та електрообладнання під напругою 1000 В. Вогнегасник складається з корпусу, в якому 2 кг порошку, на горловині якого закріплена запірно-пускова головка, яка містить джерело зжатого газу, сифонної трубки, рукоятки запуску, яка з'єднана з голкою,

клавiшi подачi порошку та розпилювача. Принцип дiї вогнегасника заснований на використаннi зжатого газу порошку.

Для приведення вогнегасника в дiю необхідно:

1. зняти його з кронштейну;
2. зiрвати пломбу та витягнути чеку;
3. вiдвести рукоятку запуску вiд корпусу вогнегасника;
4. направити вогнегасник розпилювачем в бiк пожежi;
5. натиснути на клавiшу та направити струмiнь порошку на вогонь.

Шляхи евакуацiї з примiщень:

1. Проведення евакуацiї з примiщень i будiвель:

1.1. Проведення органiзованої евакуацiї з виробничих та iнших примiщень i будiвель, запобiгання проявам панiки i недопущення загибелi людей забезпечується шляхом:

- планування евакуацiї людей (складання плану евакуацiї з примiщення з розробленням схеми евакуацiйних шляхiв та виходiв);
- визначення зон, придатних для розмiщення евакуйованих з потенцiйно небезпечних зон;
- органiзацiї управлiння евакуацiєю;
- навчання населення дiям пiд час проведення евакуацiї.

1.2. Працiвники охорони в разi виявлення пожежi, спрацювання засобiв пожежної сигналiзацiї та автоматичного пожежогасiння повиннi дiяти за заздалегiд розробленою iнструкцiєю, в якiй визначаються iхнi обов'язки з контролю за додержанням протипожежного режиму. Заступаючи на чергування, вони зобов'язанi пересвiдчитися в тому, що шляхи евакуацiї не заблоковано, а дверi евакуацiйних виходiв у разi потреби без перешкод вiдчиняються.

1.3. На пiдприємствi має бути встановлено порядок оповiщення людей про пожежу, з яким необхідно ознайомити всiх працiвникiв.

1.4. Після оповіщення про пожежу до початку евакуації проходить певна затримка залежно від того, яку із систем оповіщення було використано для повідомлення про надзвичайну ситуацію.

2. Вимоги до будівель і споруд в контексті евакуації:

2.1. До всіх будівель і споруд необхідно забезпечити вільний доступ. Протипожежні розриви між будинками, спорудами, відкритими майданчиками повинні відповідати вимогам будівельних норм. Їх не дозволяється захащувати, використовувати для складування матеріалів, устаткування, стоянок транспорту, індивідуальних гаражів, будівництва тощо.

2.2. Територія підприємств та інших об'єктів повинна мати зовнішнє освітлення, яке забезпечує швидке знаходження пожежних драбин, протипожежного обладнання, евакуаційних виходів будинків та споруд.

2.3. На території промислових будівель чи споруд на видних місцях мають розміщуватися плани евакуації, таблички із зазначенням порядку виклику пожежної охорони, знаки місць розміщення первинних засобів пожежогасіння.

2.4. У разі перепланування приміщень, зміни їх функціонального призначення, застосування нового технологічного устаткування необхідно дотримуватися протипожежних вимог чинних нормативних документів будівельного та технологічного проектування. Не дозволяється зниження проектних меж вогнестійкості конструкцій та погіршення умов евакуації людей.

2.5. Стаціонарні зовнішні пожежні сходи, сходи на перепадах висот і огорожі на дахах будівель та споруд повинні утримуватися постійно справними та бути пофарбованими.

3. Загальні вимоги до евакуаційних шляхів та виходів:

3.1. Як евакуаційні виходи можуть використовуватись дверні отвори, якщо вони ведуть з приміщень:

- безпосередньо назовні;
- на сходовий майданчик з виходом назовні безпосередньо або через вестибюль;
- у прохід або коридор з безпосереднім виходом назовні або на сходову майданчик;
- у сусідні приміщення того ж поверху з вогнестійкістю не нижче III ступеня, що не містять виробництв, які належать за вибухопожежною та пожежною небезпекою до категорій А, Б і В і мають безпосередній вихід назовні або на сходовий майданчик.

3.2. У разі потреби при вимушеній евакуації можуть використовуватися виходи, якими не користуються при звичайному русі (так звані запасні виходи).

3.3. До евакуаційних шляхів відносять такі, які ведуть до евакуаційного виходу і забезпечують рух протягом певного часу. Найпоширенішими шляхами евакуації є проходи, коридори, сходи, тамбури, фойє, холи, вестибюлі. Шляхи сполучення, пов'язані з механічним приводом (ліфти, ескалатори), при евакуації не використовуються, оскільки при пожежі або аварії вони можуть вийти з ладу.

3.4. Наявність та напрямок руху до евакуаційних шляхів та виходів має бути позначено відповідними знаками безпеки згідно з ГОСТ 12.4.026–76 та змінами, внесеними в нього ДСТУ ISO 6309:2007.

4. Опалення та освітлення шляхів евакуації:

4.1. На сходових майданчиках (за винятком незадимлюваних) дозволяється встановлювати прилади опалення, сміттєпроводи, поверхові сумісні електрощити, поштові скриньки та пожежні крани за умови, що це обладнання не зменшує нормативної ширини проходу сходовими майданчиками та маршами. На незадимлюваних сходових майданчиках допускається встановлювати лише прилади опалення.

4.2. Сходові майданчики, внутрішні відкриті та зовнішні сходи, коридори, проходи та інші шляхи евакуації мають забезпечуватися евакуаційним освітленням відповідно до вимог будівельних норм та правил улаштування електроустановок. Світильники евакуаційного освітлення повинні вмикатися з настанням сутінків у разі перебування в будівлі людей. Шляхи евакуації, які не мають природного освітлення, повинні постійно освітлюватися електричним світлом (у разі наявності людей).

4.3. У готелях, театральнo-видовищних, лікувальних закладах, приміщеннях інших громадських і допоміжних будівель, де можуть перебувати одночасно більше 100 осіб, у виробничих приміщеннях без природного освітлення за наявності більше 50 працівників (або якщо площа перевищує 150 кв. м), а також в інших випадках, зазначених у нормативно-правових документах, евакуаційні виходи повинні позначатися світловими показниками з написом «Вихід» білого кольору на зеленому фоні, підключеними до джерела живлення евакуаційного (аварійного) освітлення, або такими, що переключаються на нього автоматично у разі зникнення живлення на основних джерелах живлення. Світлові показники «Вихід» повинні постійно бути справними. У залах для глядачів, виставкових, актових залах та інших подібних приміщеннях їх слід вмикати на весь час перебування людей.

4.4. На випадок відключення електроенергії персонал будівель, де у вечірній та нічний час можливе масове перебування людей (театри, кінотеатри, готелі, гуртожитки, ресторани, лікарні, інтернати, дитячі дошкільні заклади тощо), повинен мати електричні ліхтарі. Кількість ліхтарів визначається адміністрацією, з огляду на особливості об'єкта, наявність чергового персоналу, кількість людей у будівлі (але не менше одного ліхтаря на кожного працівника, який чергує на об'єкті у вечірній або нічний час).

4.4. Інструкція з охорони праці при обслуговуванні обладнання

Інструкція з охорони праці під час обслуговування обладнання на фармацевтичному підприємстві:

1. При проведенні обслуговування робітник повинен дотримуватися санітарних норм та правил особистої гігієни:
 - працювати в тільки засобах індивідуального захисту
 - виконувати операції тільки при працюючій припливно–витяжній вентиляції;
2. Для запобігання механічному травмуванню під час обслуговування обладнання яка має рухомі частини необхідно таких заходів безпеки:
 - Одяг не повинний мати кінців, що вільно звисають
 - Не вносити руки в зону механізмів;
 - Відбір проб проводити спеціальним пробовідбірником при відключеному обладнанні;
3. При обслуговуванні обладнання не торкатися поверхонь з підвищеною температурою;
4. Електропроводка і заземлюючі пристрої повинні бути справними. При появі ознак несправності обладнання негайно відключити його від електромережі.
5. Забороняється ремонт рухомих частин устаткування, підтягування сальників, їх набивання та ін. без їх зупинки, на ходу. При проведенні ремонтних робіт, електрообладнання необхідно відключити, на пускачах вивісити табличку «Не вмикати! Працюють люди!»;
6. Пробний пуск змонтованого і відремонтованого устаткування проводити тільки після установки і закріплення огорожі і заземлення;
7. Шляхи евакуації, коридори, проходи, і під'їзди до засобів пожежогасіння повинні міститися в чистоті, відходи виробництва повинні віддалятися в спеціально відведені місця.
8. При обслуговуванні манометрів слід дотримуватися наступних вимог:

- Манометр повинен мати клас точності не менш 2,5 при робочому тиску до 2,5 МПа і 1,5 при робочому тиску більш 2,5 МПа;
- Манометр повинен вибиратися з такою шкалою, щоб межа виміру робочого тиску знаходилась в другій треті шкали;
- На шкалі манометра повинна бути нанесена червона риска, що вказує робочий тиск у ємності;
- Манометр не допускається до роботи при відсутності пломби чи клейма, якщо вичерпано термін перевірки, з розбитим склом чи другим ушкодженням, якщо стрілка манометра після його виключення не повертається в нульове положення;

9. Забороняється застосовувати будь-які важелі для відкривання та закривання засувки та вентилів. З метою запобігання гідравлічного удару пускову арматуру апаратів та трубопроводів, їх необхідно вмикати повільно та плавно.

10. При необхідності обслуговування обладнання, що знаходиться на висоті вище рівня підлоги, потрібно використовувати стаціонарні та пересувні площадки, яким обладнано виробниче приміщення.

11. При переміщенні вантажів вручну та під час проведення вантажно-розвантажувальних робіт необхідно дотримуватися граничних норм.

11. Заходи з охорони довкілля

Екологічна безпека - це стан навколишнього природного середовища, при якому забезпечується попередження погіршення екологічної обстановки та виникнення небезпеки для здоров'я населення. Дотримання такого стану забезпечується державою шляхом запровадження широкого комплексу взаємопов'язаних економічних, технічних, організаційних, державно-правових та інших заходів, направлених на реалізацію екологічних прав громадян України.

Одним із найголовніших заходів забезпечення екологічної безпеки - є здійснення державного контролю за її дотриманням юридичними та фізичними особами. І це не дивно, оскільки майже будь-яка господарська діяльність здатна, в тій чи іншій мірі, нанести шкоду навколишньому природному середовищу чи здоров'ю населення, яке проживає в районі провадження діяльності.

Реалізація даного контролю здійснюється державою відповідно до Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25 червня 1991 року № 1264-XII, через Міністерство екології та природних ресурсів України (Мінприроди України), його місцеві структурні підрозділи чи державні установи, які знаходяться у його підпорядковані. Відповідно до положень цього закону, будь-які діючі підприємства, установи і організації зобов'язані виконувати основні вимоги екологічної безпеки, які здійснюються шляхом розробки та практичного виконання проектної, нормативно-дозвільної та внутрішньо-регламентної екологічної документації суб'єкта господарювання [62].

Розглянемо детальніше, що відноситься до кожної категорії екологічної документації і в яких випадках суб'єкт господарювання зобов'язаний її розробляти та оформлювати.

Відповідальна	Технічне узгодження	Вид документа		Статус документа			
Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назва Заходи з	192093.МР.03.011.ПЗ				
	Документ затверджено		Інд.	Дата	Мова	Арку	

Проектна екологічна документація - це екологічна документація з оцінки впливу на навколишнє середовище (надалі - ОВНС) розробляється підприємствами

під час нового будівництва, розширення, реконструкції та технічного переоснащення об'єктів промислового та цивільного призначення. Метою ОВНС є визначення доцільності і прийнятності планованої діяльності і обґрунтування економічних, технічних, організаційних, санітарних, державно-правових та інших заходів щодо забезпечення безпеки навколишнього середовища. Матеріали ОВНС надаються у складі проектної документації уповноваженим державним органам для експертної оцінки і повинні всебічно характеризувати результати оцінки впливів на природне, соціальне (включаючи життєдіяльність населення) і техногенне середовище (далі - навколишнє середовище) та обґрунтовувати допустимість планованої діяльності. Основними завданнями ОВНС є:

- загальна характеристика існуючого стану території району і майданчика (траси) будівництва або їх варіантів, де планується здійснити плановану діяльність;
- розгляд і оцінка екологічних, соціальних і техногенних факторів, санітарно - епідемічної ситуації конкурентно-можливих альтернатив (у тому числі технологічних і територіальних) планованої діяльності та обґрунтування переваг обраної альтернативи та варіанта розміщення;
- визначення переліку можливих екологічно небезпечних впливів (далі - впливів) і зон впливів планованої діяльності на навколишнє середовище за варіантами розміщення (якщо рекомендується подальший розгляд декількох);
- визначення масштабів та рівнів впливів планованої діяльності на навколишнє середовище;
- прогноз змін стану навколишнього середовища відповідно до переліку впливів;

• визначення комплексу заходів щодо попередження або обмеження небезпечних впливів планованої діяльності на навколишнє середовище, необхідних для дотримання вимог природоохоронного та санітарного законодавств і інших законодавчих та нормативних документів, які стосуються безпеки навколишнього середовища.

Виконання ОВНС та підготовка її матеріалів доручається замовником проектної документації організаціям, які мають відповідну ліцензію на здійснення таких дій. На сьогоднішній день в Україні оформлення ОВНС передбачається вимогами Законів України «Про охорону навколишнього середовища», «Про екологічну експертизу» та наказу Державного комітету України з будівництва та архітектури від 15.12.2003 року №214 «Щодо затвердження Державних будівельних норм України ДБН А.2.2-1-2003 «Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд».

В країнах Європейського союзу ОВНС здійснюється на підставі Директиви №337/85 «Оцінка впливу деяких державних і приватних проектів господарської діяльності на навколишнє середовище», яка була ведена в дію в дію в червні 1988 року. Відповідно до вказаної директиви отримання ОВНС є обов'язковим для всіх учасників ЄС до видачі дозволу на здійснення реалізації всіх великих проектів, що можуть спричинити негативний вплив на навколишнє середовище.

Фактично ОВНС надає не тільки оцінку дотримання на підприємстві усіх державних вимог щодо екологічної безпеки під час створення нового об'єкту виробництва, а також визначає перелік заходів та обсяг фінансування проектів направлених на виявлення и попередження негативних наслідків, які можуть виникнути від господарської діяльності підприємства.

Нормативно-дозвільна екологічна документація - це офіційні дозволи та позитивні висновки центральних або місцевих органів виконавчої влади, обов'язковість оформлення яких визначено діючим законодавством України

при здійсненні господарської діяльності або експлуатації об'єктів з високим або середнім ступенем ризику для навколишнього природного середовища.

Перш за все це:

- дозвіл на розміщення відходів та проект лімітів на утворення та розміщення відходів;
- паспорти місць видалення відходів;
- дозвіл на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами;
- паспорт установки очистки газу та присвоєння реєстраційного номеру ГОУ в органах Мінприроди України;
- проект розроблення та затвердження нормативів гранично допустимого скидання забруднюючих речовин у водні об'єкти, у водні об'єкти із зворотними водами;
- проект встановлення (скорочення) санітарно-захисної зони (СЗЗ);
- висновки екологічної експертизи.

При здійсненні господарської діяльності з виробництва особливо небезпечних хімічних речовин; здійсненні операції у сфері поводження з небезпечними відходами, збирання і заготівля окремих видів відходів як вторинної сировини, такий суб'єкт відповідно до положень Закону України «Про ліцензування певних видів господарської діяльності» від 01.06.2000 р. №1775-III зобов'язаний в установленому порядку отримати ліцензію на право здійснення такої діяльності на території України у встановленому порядку.

Внутрішньо-регламентної екологічної документації - регламентні документи, які складаються (затверджуються) суб'єктом господарювання самостійно, а обов'язковість наявності їх на підприємстві передбачена вимогами чинного законодавства України.

До таких документів відносяться:

- організаційні документи:

- наказ, розпорядження по підприємству з організації роботи з охорони навколишнього середовища;
- затверджені плани заходів з охорони навколишнього середовища по підприємству та звіти про їх виконання;
- документи про підтвердження проведення необхідної професійної підготовки або перепідготовки працівників, відповідальних за екологічну безпеку;
- затверджене положення про контроль в галузі поводження з відходами та розміщення їх на підприємстві;
- затверджене положення про виробничий екологічний контроль на підприємстві;
- затверджена програма вступного і первинного (повторного) інструктажу з екологічної безпеки;
- журнал реєстрації вступного інструктажу з екологічної безпеки;
- журнал реєстрації первинного (повторного) інструктажу з екологічної безпеки;
- документація про результати перевірок:
- акти про результати перевірок підприємства контролюючими органами з питань екологічної безпеки;
- приписи органів державного та громадського екологічного контролю;
- протоколи про адміністративні правопорушення;
- накази по підприємству та плани заходів з усунення порушень, встановлених в актах перевірок. Звіти про виконання приписів та актів (за наявності);
- журнал обліку перевірок з державного контролю;
- графік внутрішніх перевірок виробничих підродів, відділів фахівцем з питань охорони праці та інженером-екологом;
- форми державної статистичної звітності з питань екологічної безпеки.
- документи з питань охорони атмосферного повітря:

- накази, розпорядження по підприємству про призначення відповідальної особи за експлуатацію та обслуговування пилоочисних установок;

- затверджені інструкції з обслуговування та експлуатації пилоочисних установок;

- паспорт на кожну установку очистки газів з актами перевірки (обстеження) ГОУ та присвоєння реєстраційного номеру ГОУ в органах Мінприроди України;

- документація періодичних перевірок ГОУ на відповідність фактичних параметрів роботи проектним (з періодичністю відповідно до технічних вимог, але не рідше ніж один раз на рік, а після ремонту чи реконструкції не рідше одного разу в квартал). Результати повірок (перевірок) оформлюються актами та вносяться в паспорт ГОУ;

- плани роботи по перевірці ефективності газоочисного обладнання;

- графік планово-попереджувального ремонту установок очистки газів;

- первинна облікова документація з охорони атмосферного повітря (журнал обліку стаціонарних джерел забруднення і їх характеристик, журнал обліку роботи газоочисних та пиловловлюючих установок);

- схема розташування джерел викидів на підприємстві.

• документи з охорони поверхневих вод:

- наказ по підприємству про призначення особи, відповідальної за експлуатацію и обслуговування очисних споруд ;

- посадові інструкції працівників, які здійснюють обслуговування очисних споруд;

- паспорта на очисні споруди;

- інструкції з експлуатації та обслуговування очисних споруд;

- журнал обліку роботи очисних споруд;

- графік планово-попереджувального ремонту очисних споруд;

- договір між абонентом (замовником) та організацією водо-каналізаційного господарства;
- нормативи допустимого скиду (технічні умови використання каналізаційної системи);
- схема водопостачання та каналізації;
- план заходів з раціонального використання питної води і скорочення скиду стічних вод;
- акт розмежування експлуатаційної відповідальності по мережам водопостачання і каналізаційної системи та спорудам на них.
- документи щодо поводження з відходами виробництва:
 - наказ про призначення відповідальної особи за поводження з відходами;
 - наказ про проведення навчання (перепідготовку) осіб, відповідальних за поводження з відходами на виробництві;
 - договори на розміщення та знешкодження відходів;
 - перелік відходів, що розташовані на підприємстві;
 - схема розміщення місць тимчасового зберігання відходів;
 - інструкція з поводження з відходами виробництва та споживання;
 - дозвіл на розміщення відходів та проект лімітів на утворення та розміщення відходів;
 - звіт про використання, розміщення і знешкодження відходів за рік [62].

Окрім отримання суб'єктом господарювання офіційних дозволів та/або погодження розробленої нормативно-проектної екологічної документації екологічна безпека здійснюється шляхом проведення екологічного аудиту на підставі Закону України «Про екологічний аудит» від 24 червня 2004 року N 1862-ІУ.

Екологічний аудит - це документально оформлений системний незалежний процес оцінювання об'єкта екологічного аудиту на відповідність

вимогам законодавства України про охорону навколишнього природного середовища та іншим критеріям екологічного аудиту.

Наявність позитивного висновку екологічного аудиту не тільки надає підтвердження виконання суб'єктом господарювання встановлених вимог екологічної безпеки при здійсненні ним господарської діяльності, але і відкриває нові можливості підприємства для виведення на європейські ринки збуту своєї продукції. Оскільки споживачі країн з розвиненою економікою, на сьогоднішній день, приділяють особливу увагу питанням дотримання охорони навколишнього середовища при виробництві будь-якої продукції або товарів.

Крім того важливо пам'ятати, що відповідно ч. 5 ст. 68 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25 червня 1991 року № 1264-XII застосування до порушника заходів дисциплінарної, або адміністративної чи кримінальної відповідальності не звільняє останнього від цивільної відповідальності, тобто від обов'язку фінансово компенсувати наслідки від шкоди, заподіяної забрудненням навколишнього природного середовища.

На фармацевтичному виробництві є два види відходів:

- Фармацевтичні - це виробничо-технологічні відходи і відходи вихідних компонентів, які утворюються при виготовленні готової лікарської продукції і містять в своєму складі або мають на собі залишки лікарської субстанції. Вони відносяться до небезпечних відходів.

- Нефармацевтичні - це відходи, які утворюються в процесі виробництва не мають на собі залишків лікарських засобів чи невідповідні для використання в наступному харчовому продукту, предмету побутового використання, тощо.

Фармацевтичні відходи:

- залишки субстанції;
- відбраковані флакони, блістера, туби з готової лікарської продукції;

- первинний пакувальний матеріал;
- готова лікарська продукція з простроченим строком виготовлення;
- одяг, що був використаний на виробництві;
- салфетки після прибирання обладнання;
- фільтри очистки повітря, що встановлені на витяжних системах вентиляції і тощо.

Фармацевтичні відходи підвергаються знищенню шляхом високотемпературного спалювання.

Нефармацевтичні відходи:

- пробки резинові відбраковані;
- скляні флакони пусті;
- одяг одноразовий, який не забруднений готовою лікарською продукцією;
- ковпачки чисті, відбраковані;
- обрізки плівки ПВХ, фольга;
- пакувальний матеріал;
- макулатура;
- шприци;
- тверді побутові відходи та тощо.

Нефармацевтичні відходи передаються на вторинну переробку (продукція), поховання та знищення (спалювання).

Отже, для забезпечення екологічної безпеки фармацевтичне підприємство повинно:

1. Зменшувати кількість відходів.
2. Укладати договори зі спеціалізованими організаціями на передачу відходів.
3. Вести первинний облік утворених відходів.
4. Облаштовувати місця для збору та зберігання відходів.
5. Не допускати зберігання в несанкціонованих місцях.

6. Забезпечувати повний збір і умови для необхідного зберігання відходів.
7. Не допускати змішання відходів, якщо це не відповідає існуючій технології.
8. Проводить контроль місць тимчасового зберігання відходів.
9. Захист атмосферного повітря від промислових викидів шляхом очищення повітря, що викидається на пило-газоочисних спорудах.

Висновки

Кваліфікаційна робота на тему: «Удосконалення системи краплеуловлення апарату дистиляції “LETZNER” продуктивністю за чистою парою 400 кг/год» виконана згідно завдання.

Цей дипломний проект присвячений модернізації апарату водопідготовки за допомогою зміни стандартного краплеуловлювача на більш ефективний, що включає в себе спеціальні конусні вставки. Зменшення площі прохідного перерізу призводить до зменшення швидкості парорідинної суміші, що дає можливість відділяти краплі води від пари за рахунок гравітаційного осадження. Зміна напрямку руху потоку забезпечує додаткове відділення крапель за рахунок сил інерції.

Результати моделювання підтверджують ефективність запропонованої конструкції: при розширенні потоку швидкість пари зменшується з 0,7 м/с до 0,53 м/с. Це дозволяє більш ефективно вловлювати краплі води та отримати воду для ін'єкцій без пірогенів.

Також сформоване рівняння регресії.

$$v = 14,64 + 0,0726 \cdot h - 0,0216 \cdot d - 33,171 \cdot v_{ex} - 0,00012 \cdot d \cdot h + 0,051 \cdot d \cdot v_{ex}$$

де v_{ex} – швидкість пари на вході, м/с;

d – діаметр центральної частини краплеуловлювача, мм;

h – висота конусних секцій краплеуловлювача, мм.

Відповідальна	Технічне узгодження	Вид документа		Статус документа			
Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назва Висновки	192093.MP.03.000.ПЗ				
	Документ затверджено		Інд.	Дата	Мова	Арку	

Список використаних джерел

1. Технологічні комплекси харчових виробництв: Навчальний посібник / В.І. Теличкун, О.М. Гавва, Ю.С. Теличкун, О.О. Губеня, М.Г. Десик, О.М. Чепелюк. – Київ: Видавництво «Сталь», 2017. – 456 с.
2. Процеси і апарати харчових виробництв: підручник / За ред. проф. І. Ф. Малежика. Підручник. – К.: НУХТ, 2003. – 400с.
3. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості : підручник / Мирончук В. Г., Гулий І. С., Пушанко М. М. та ін.; за ред. В.Г. Мирончука. – Вінниця: Нова книга, 2007. – 648 с.
4. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості. Навчальний посібник / В. Г. Мирончук, Л. О. Орлов, А. І. Українець та ін. – Вінниця: Нова книга, 2004. – 288 с.
5. Заплетніков І. М. Експлуатація і обслуговування технологічного обладнання харчових виробництв [Текст] : навч. посіб. / І. М. Заплетніков, В. Г. Мирончук, В. М. Кудрявцев ; Нац. ун-т харч. технол., Донец. нац. ун-т екон. і торг. — К. : ЦУЛ, 2012. — 344 с.
6. Біотехнологія: Підручник / В.Г. Герасименко, М.О. Герасименко, М.І. Цвіліховський та ін.; Під общ. ред. В.Г. Гера сименка. — К.: Фірма «ІНКООС», 2006
7. Batt C.A. Encyclopedia of Food Microbiology (Second Edition) / C.A. Batt. – Elsevier, 2017. – 110 p.
8. Naumenko N. History of Food Science / N. Naumenko N. – Kyiv, NUFT. – 2014. – 199 с.
9. Toledo R.T. Fundamentals of Food Process Engineering. Third Edition / R.T. Toledo. – Springer, 2007. – 585 p.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Чепелюк О.О.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Прокоп А.О.	Назва, додаткова назва Список використаних джерел	192093.MP.03.000.ПЗ				
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/3	

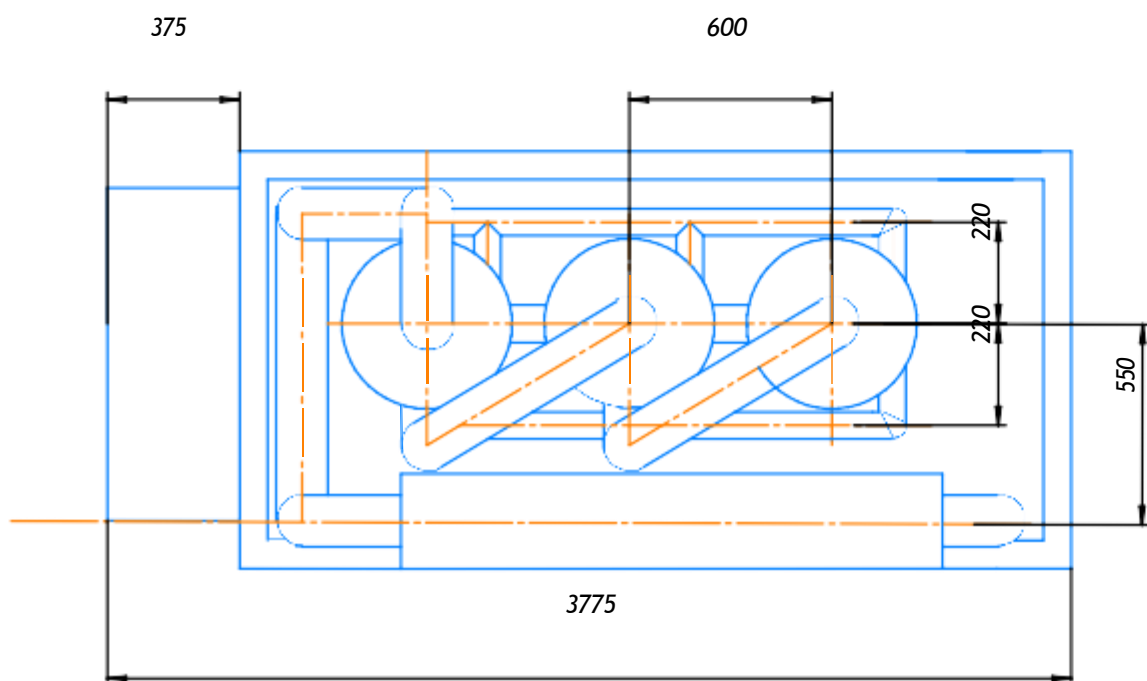
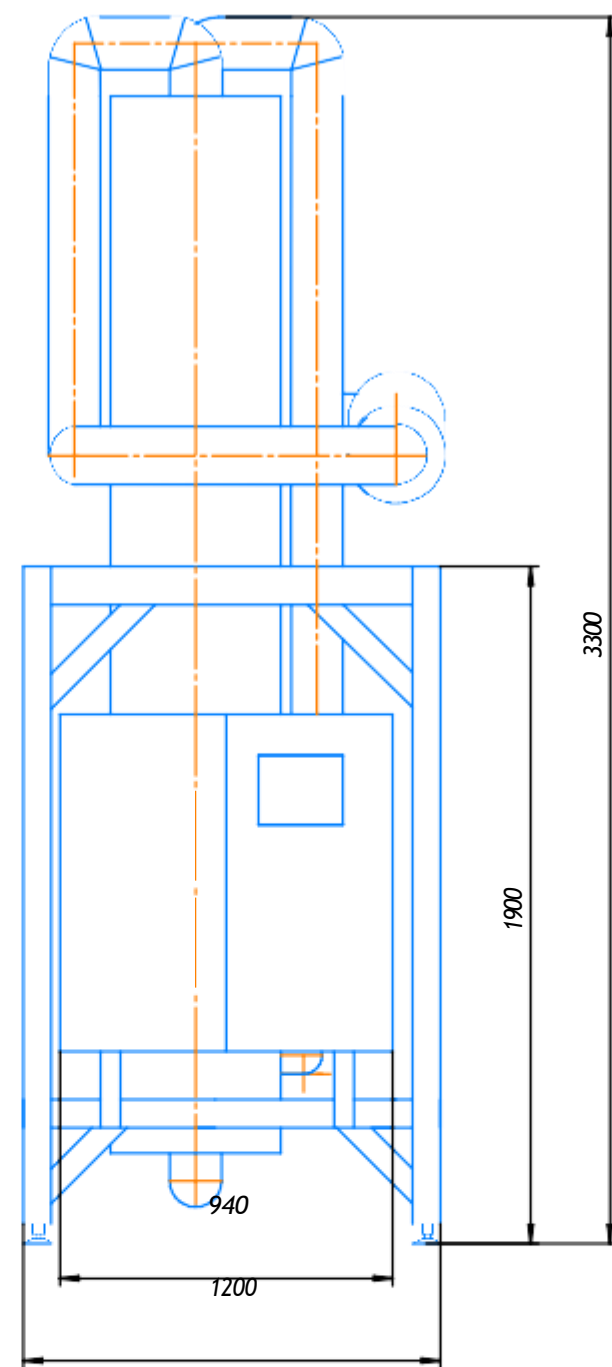
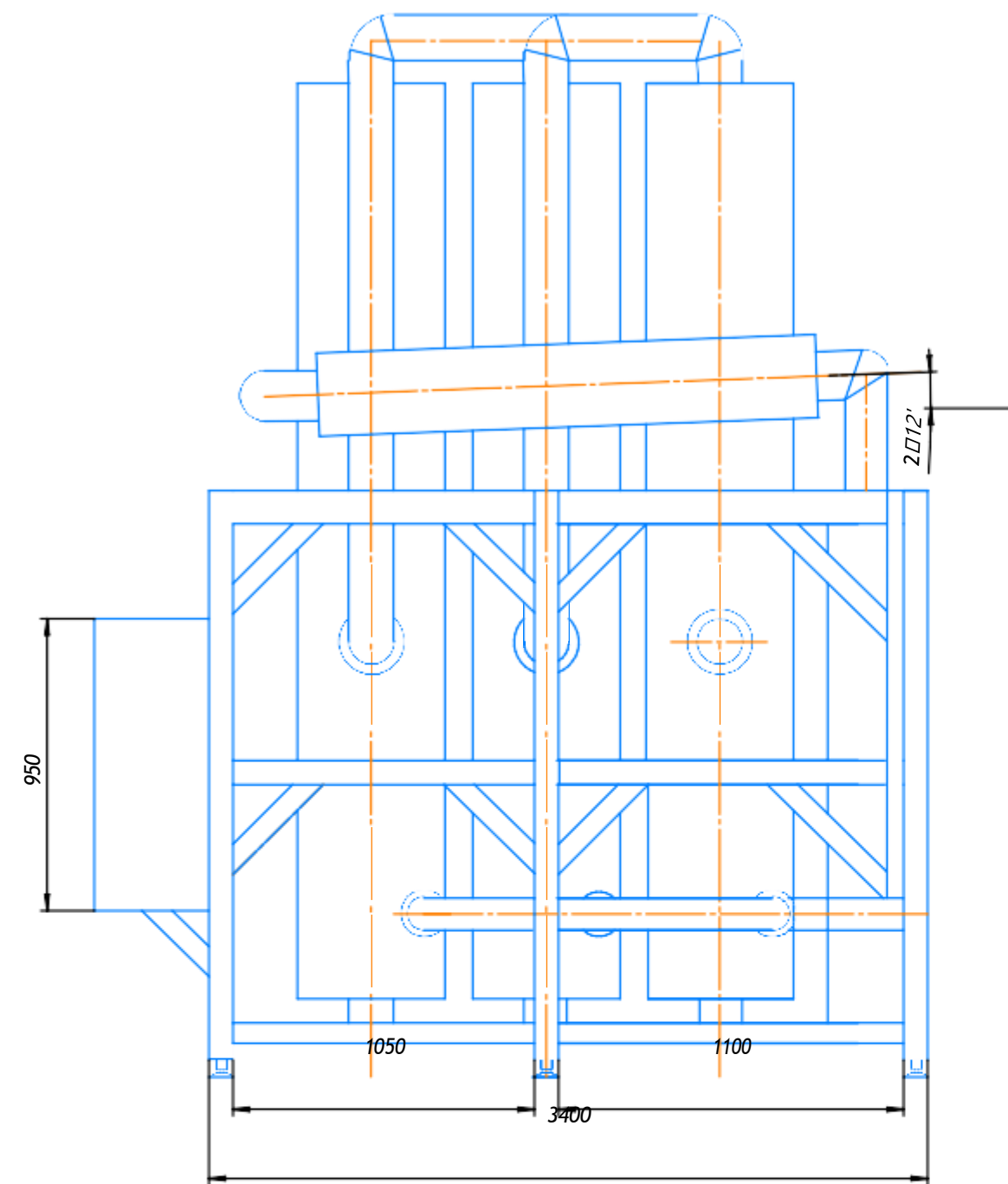
10. Сухенко Ю. Г. Надійність і довговічність устаткування харчових і переробних виробництв: підручник / Ю.Г. Сухенко, О.А. Литвиненко, В.Ю. Сухенко. – Київ: НУХТ, 2010. – 547 с
11. Безпека життєдіяльності [Електронний ресурс] : конспект лекцій для студентів усіх напрямів підготовки бакалаврів денної та заочної форм навчання / уклад. О. П. Слободян, В. А. Заєць, С. О. Авдієнко, Л. П. Нещадим. - К. : НУХТ, 2013. – 51 с.
12. Основи охорони праці [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів освітнього ступеня «бакалавр» денної та заочної форм навчання / В. С. Гуць, С. Д. Коваленко, О. В. Євтушенко та ін. – К. : НУХТ, 2016. – 97 с.
13. Процеси і апарати харчових виробництв [Текст] : Підруч. / І. Ф. Малежик, П. С. Циганков, П. М. Немирович, О. С. Марценюк ; Ред. І.Ф. Малежик. — К. : НУХТ, 2003. — 400 с.
14. Збірник нормативних документів з безпеки життєдіяльності [Текст] / Упоряд. М.В. Васильчук, Н.Й. Дуброва. — 2-е вид., перероб. і доп. — К. : Основа, 2004. — 880 с.
15. Сидоров Ю. І. Процеси і апарати хіміко-фармацевтичної промисловості [Текст] : навч. посіб. / Ю. І. Сидоров, В. І. Чуєшов, В. П. Новіков. — Вінниця : Нова книга, 2009. — 816 с.
16. Штефан Є. В., Наукове обґрунтування вибору раціональних конструктивно-технологічних параметрів процесів і обладнання харчових та фармацевтичних виробництв [Текст] : автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.18.12 / Є. В. Штефан ; НУХТ. — К., 2011.
17. Справочник механика пищевой промышленности. / А.И. Соколенко, А.И. Украинец, В.Л Яровой и др. Под ред. А.И. Соколенко – К.: Арт Эк.2004 – 304 с
18. Державна Фармакопея України / Державне підприємство “Науково-експертний фармакопейний центр”. – 1-е вид. – Харків: РІРЕГ, 2001.
19. <https://www.gmpplus.org/en>

20.

<https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/004127479/publication/CA1208571A?q=drip%20trap>

21.

<https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/060148680/publication/CN206597004U?q=Droplet%20capture>



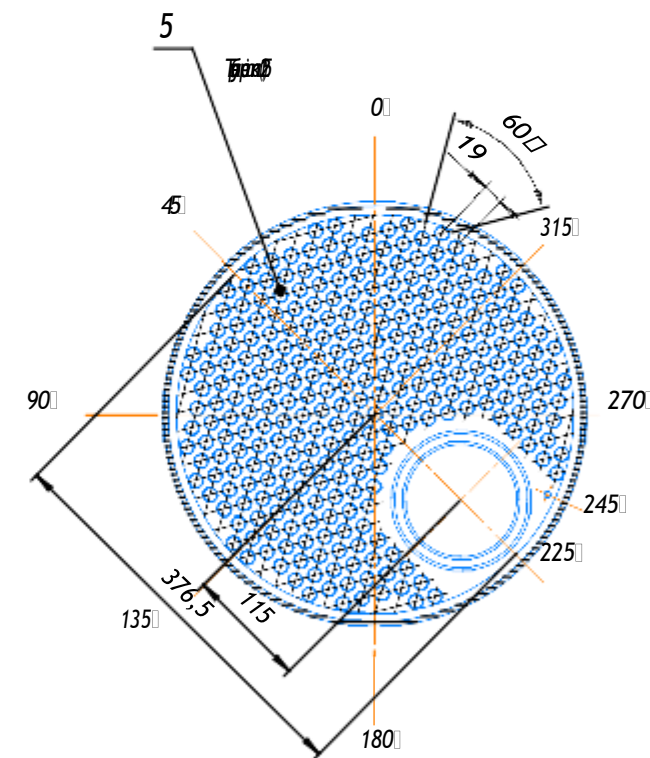
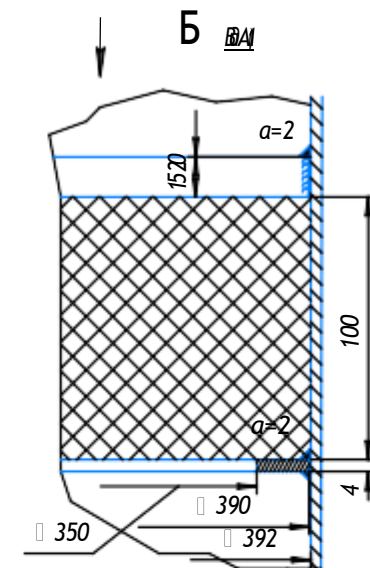
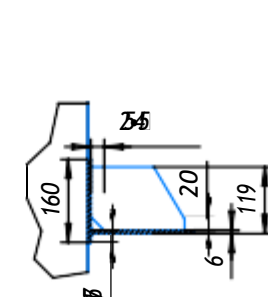
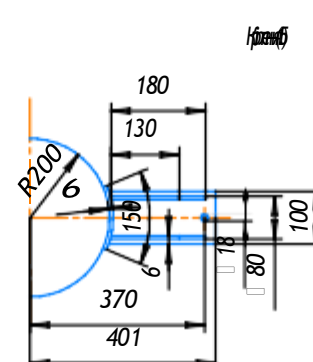
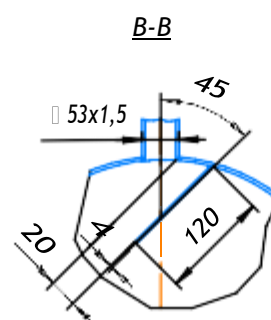
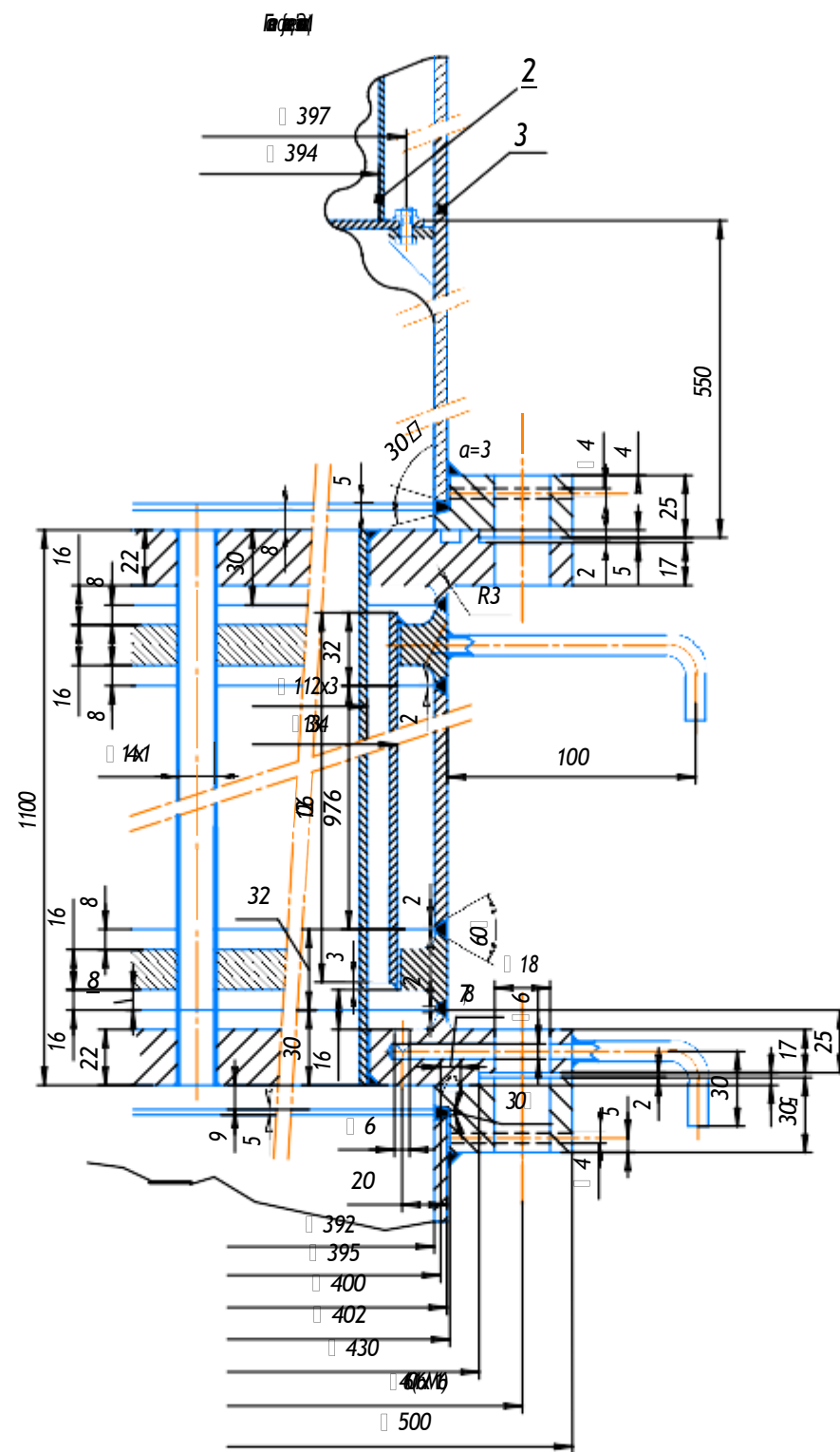
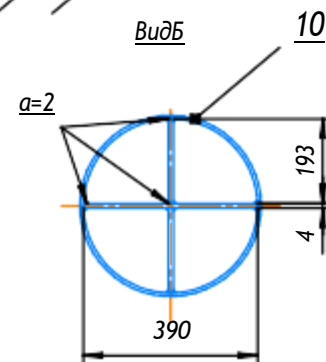
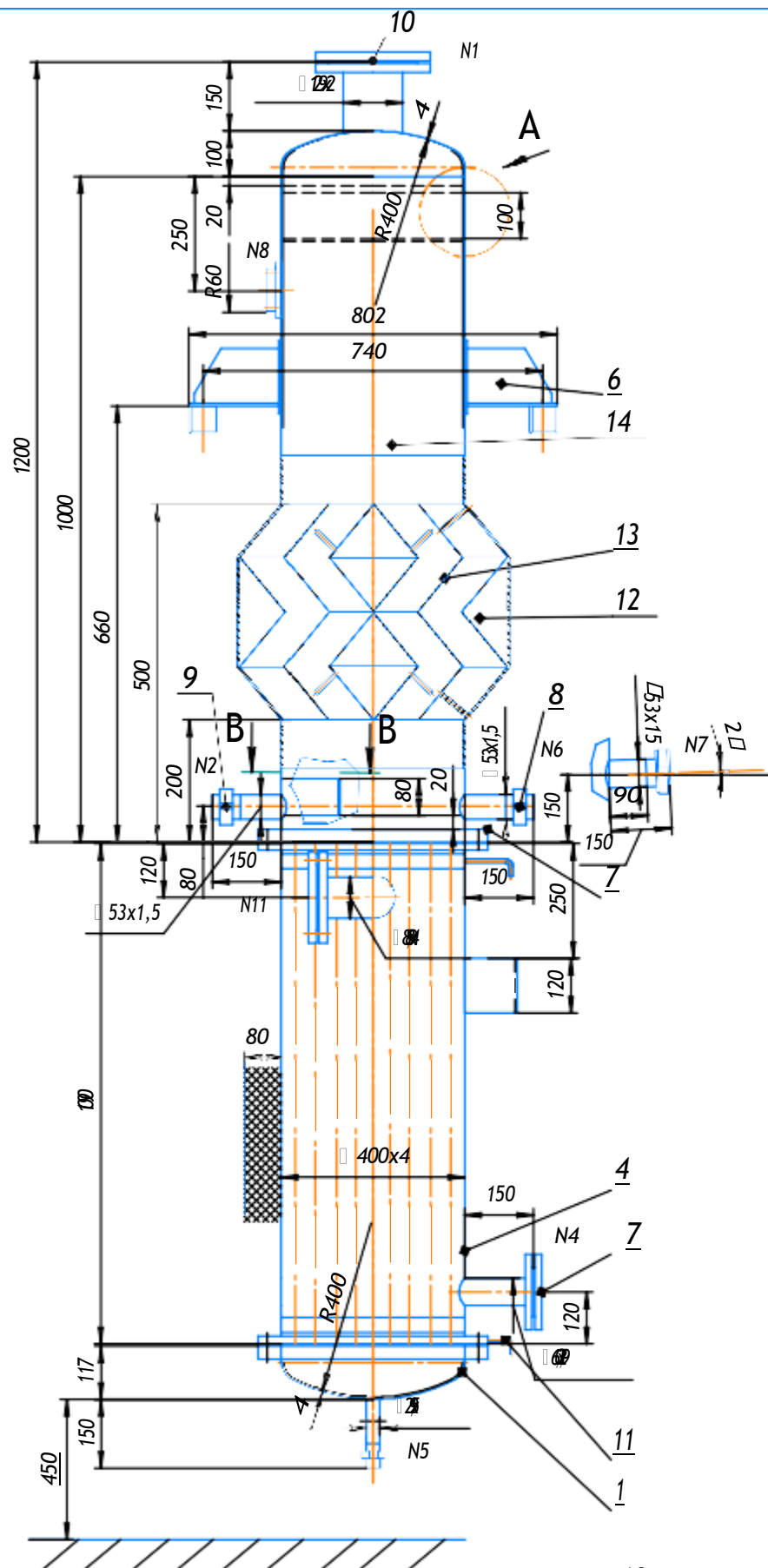
Назва документа		Архив	
Область применения		Техн	
Технические характеристики		151,1 C	
Технические характеристики		127 C	
Технические характеристики		33,5м	
Технические характеристики		3300мм	
Технические характеристики		3400мм	
Технические характеристики		1200мм	
Технические характеристики		1150kg	

Технический чертёж

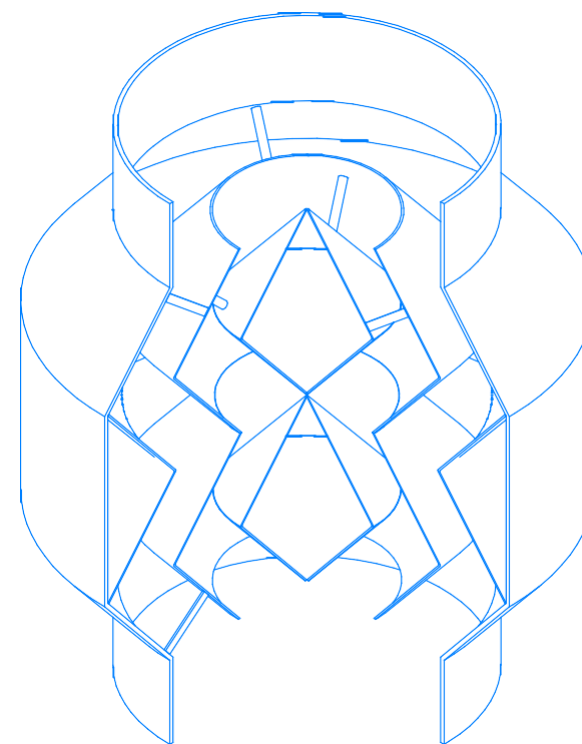
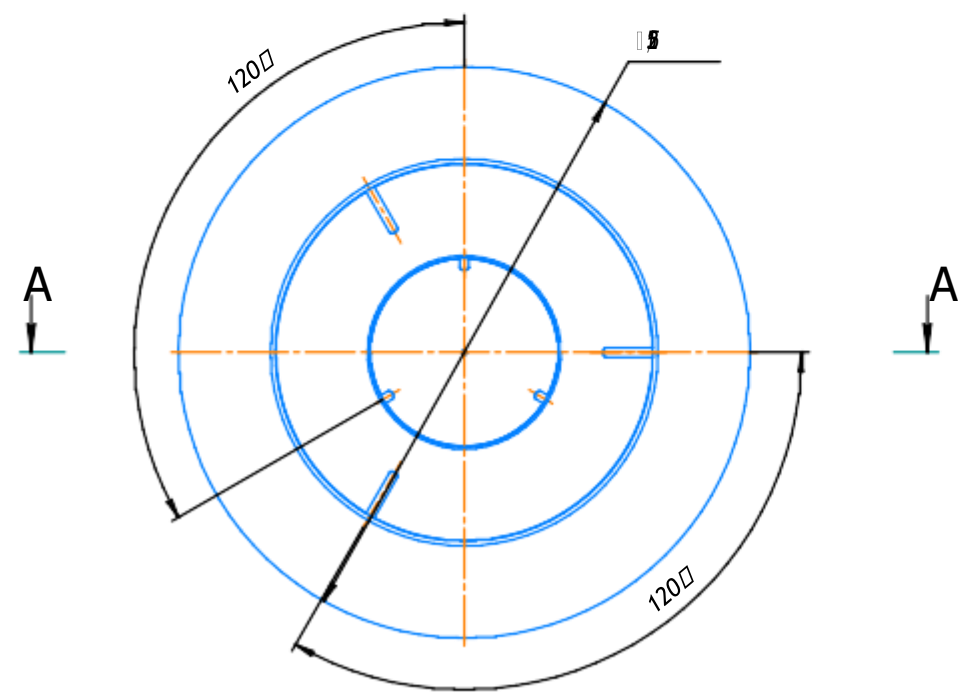
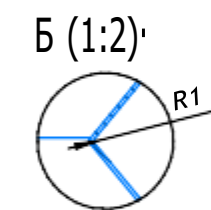
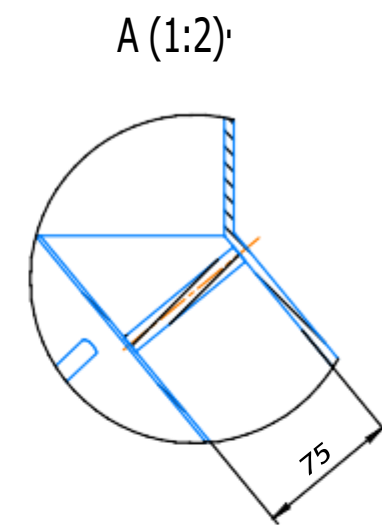
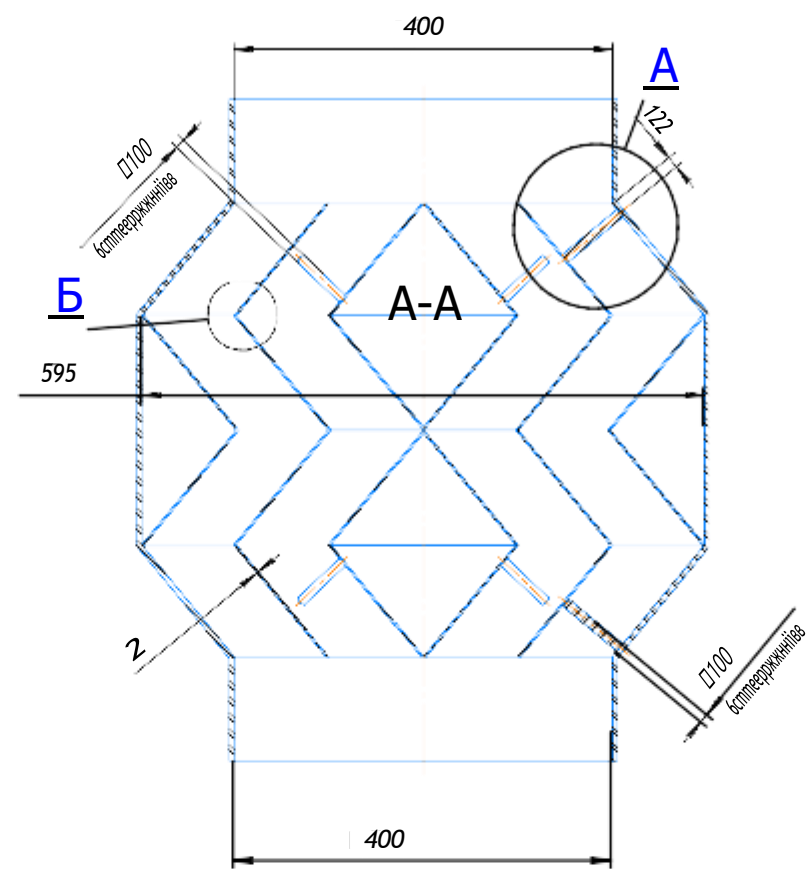
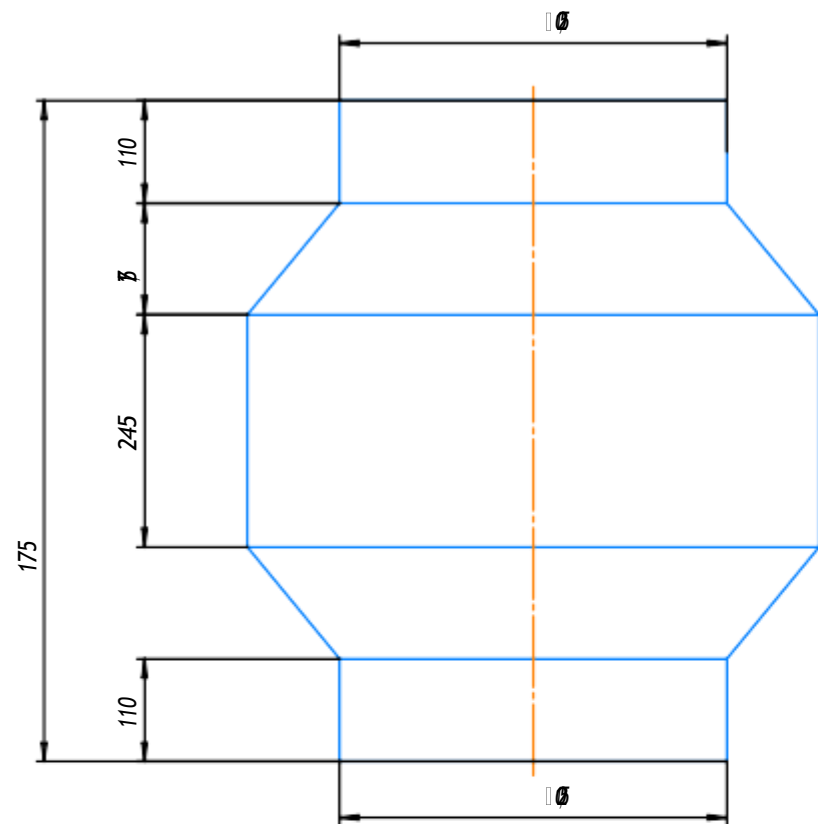
№	Размер	Размер	Размер	Размер	Размер
0	1800	2965	2905		
1	1130	2000	2085		
2		1235	1600		
3	400	1405	1140		
4		840			
5					

Відповідальна організація		Технічне узгодження		Розробник документа		Документ затверджено	
НУХТ		Чепелюк О.О.		Прокоп А.О.		Гавва О.М.	
Власник документа		Вид документа		Статус документа			
НУХТ		Загальний вигляд					
		Назва, додаткова назва		192093.MP.03.001.3B			
		Установка для водопідготовки		Інд. змін. Дата видання Мова Аркуш			

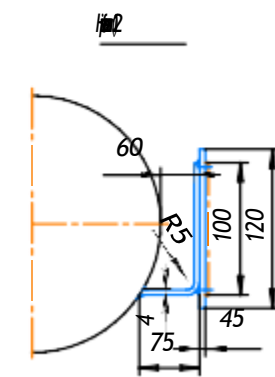
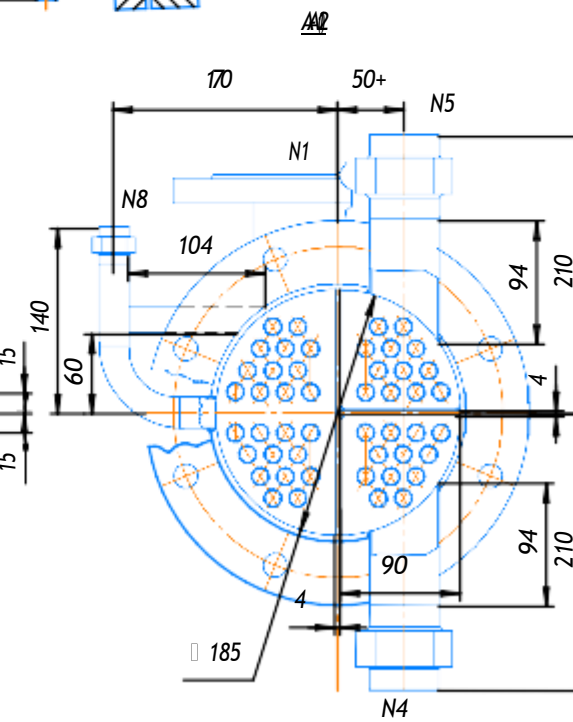
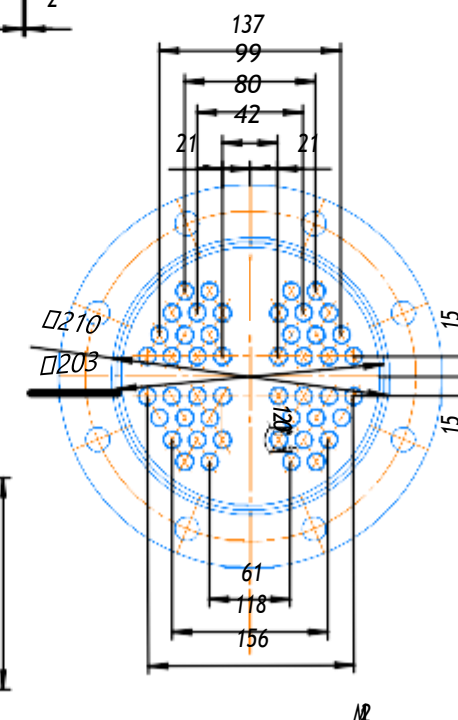
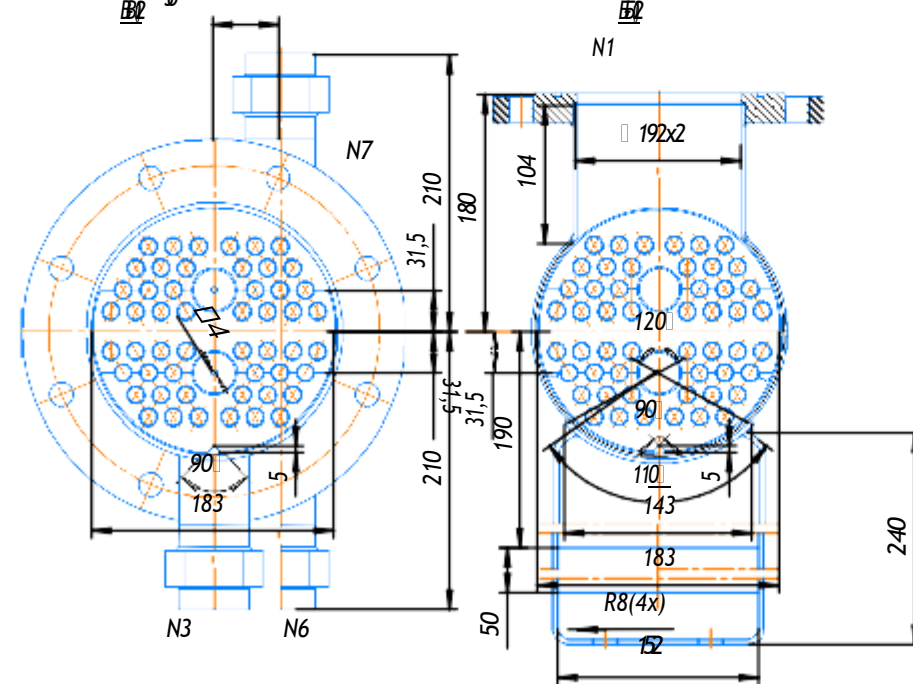
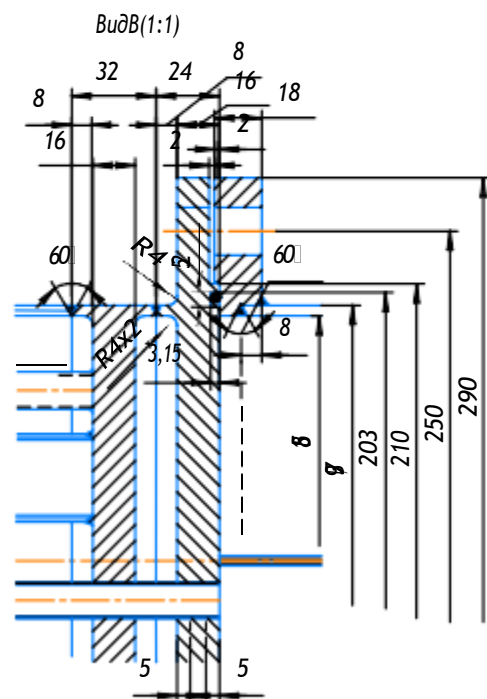
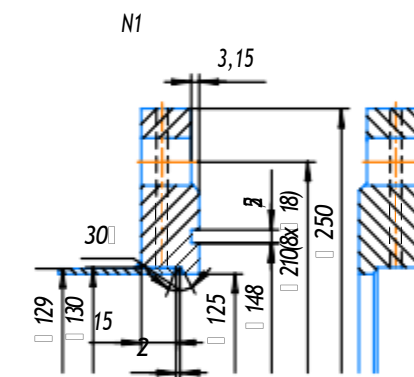
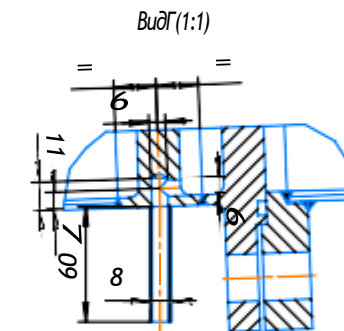
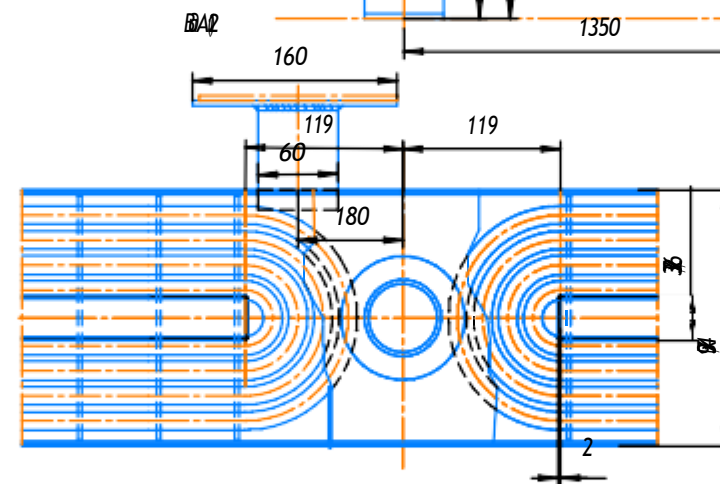
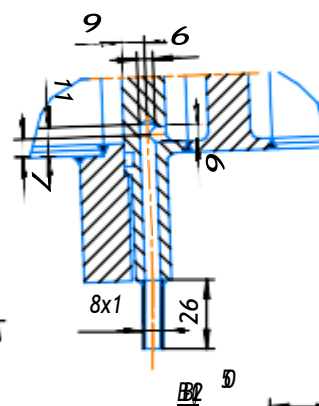
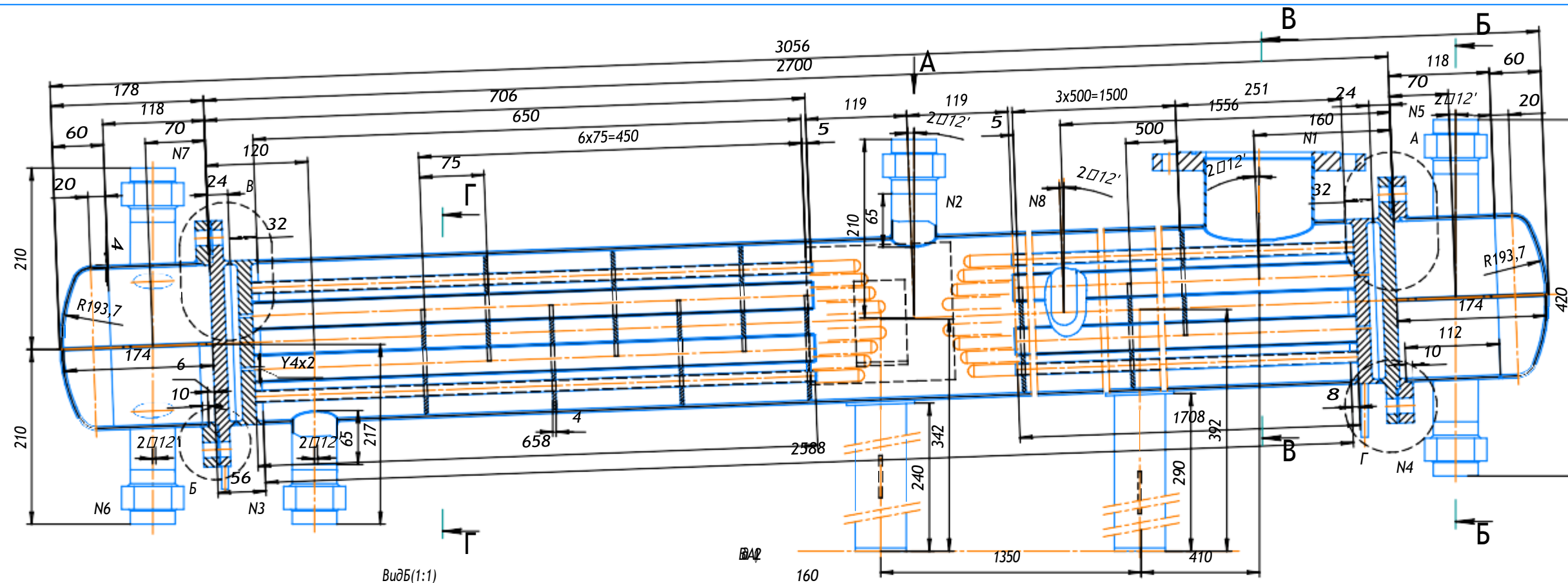
Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кільк.	При- мітка
				<u>Документація</u>		
A4			192093.MP.03.000.ПЗ	Пояснювальна записка		
				<u>Креслення</u>		
A1			192093.MP.03.002.ПЗ	Випарна колона апарату LETZNER		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1		Нижня кришка	1	
		2		Стінка краплеуловлювача	1	
		3		Стінка колони	1	
		4		Нижній сепаратор	1	
		5		Трубки	174	
		6		Опорні лапи	4	
		7		Патрубок для відведення конденса- сату	1	
		8		Патрубок відведення пари	1	
		9		Патрубок вторинної пари	1	
		10		Патрубок подачі гріючої пари	1	
		11		Патрубок відведення домішок	1	
		12		Краплеуловлювач	1	
		13		Конічні вставки	14	
		14		Верхній сепаратор	1	
Відповідальна організація НУХТ			Технічне узгодження Чепелюк О.О.	Вид документа Специфікація	Статус документа	
Власник документа НУХТ			Розробник документа Прокоп А.О.	Назва, додаткова назва Випарна колона апарату LETZNER	192093.MP.03.002.СП	
			Документ затверджено Гавва О.М.			
				Інд. змін.	Дата видання	Мова UA
						Аркуш



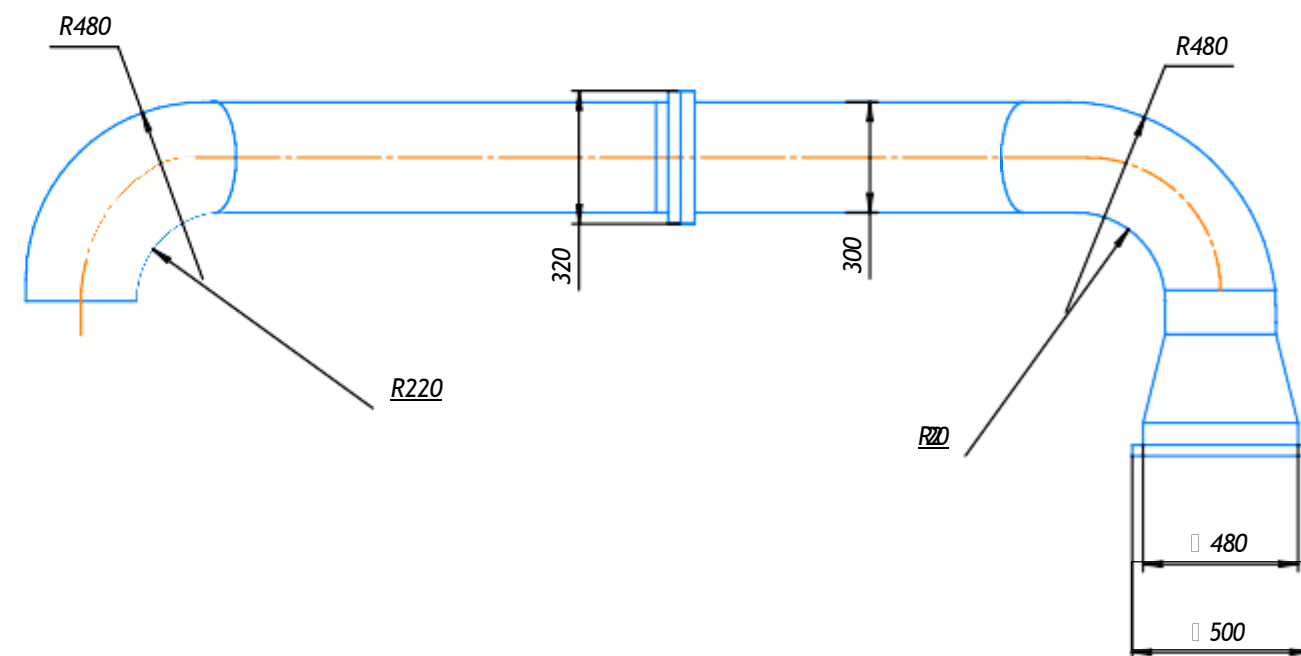
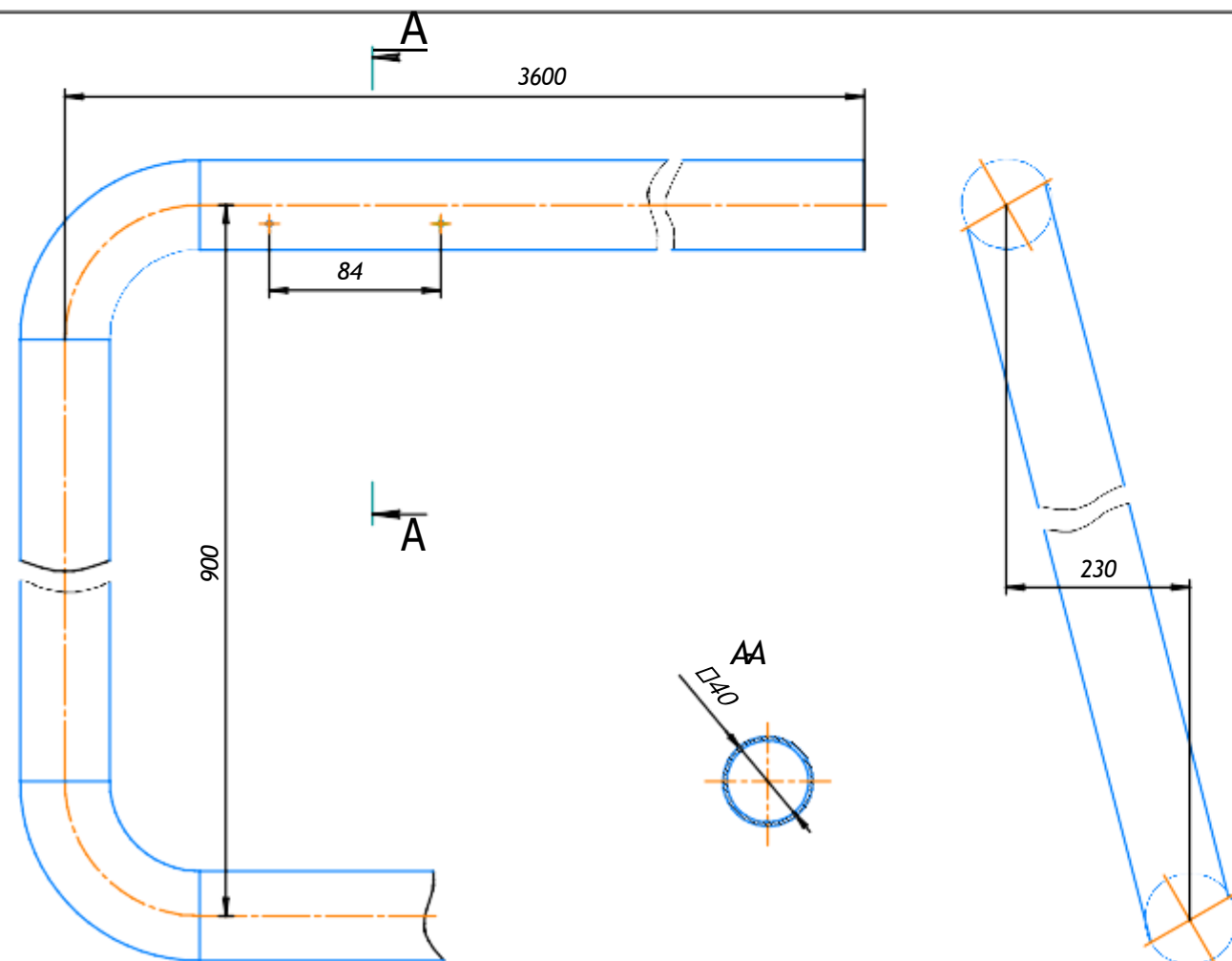
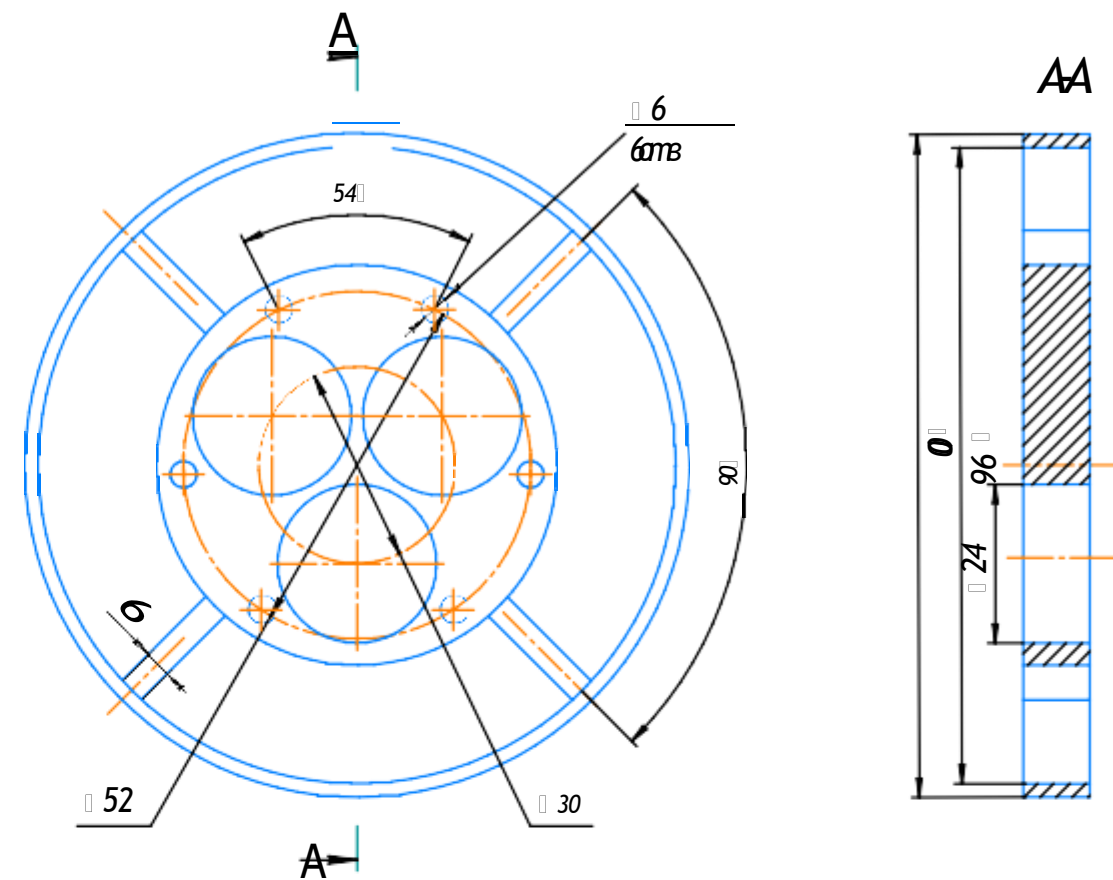
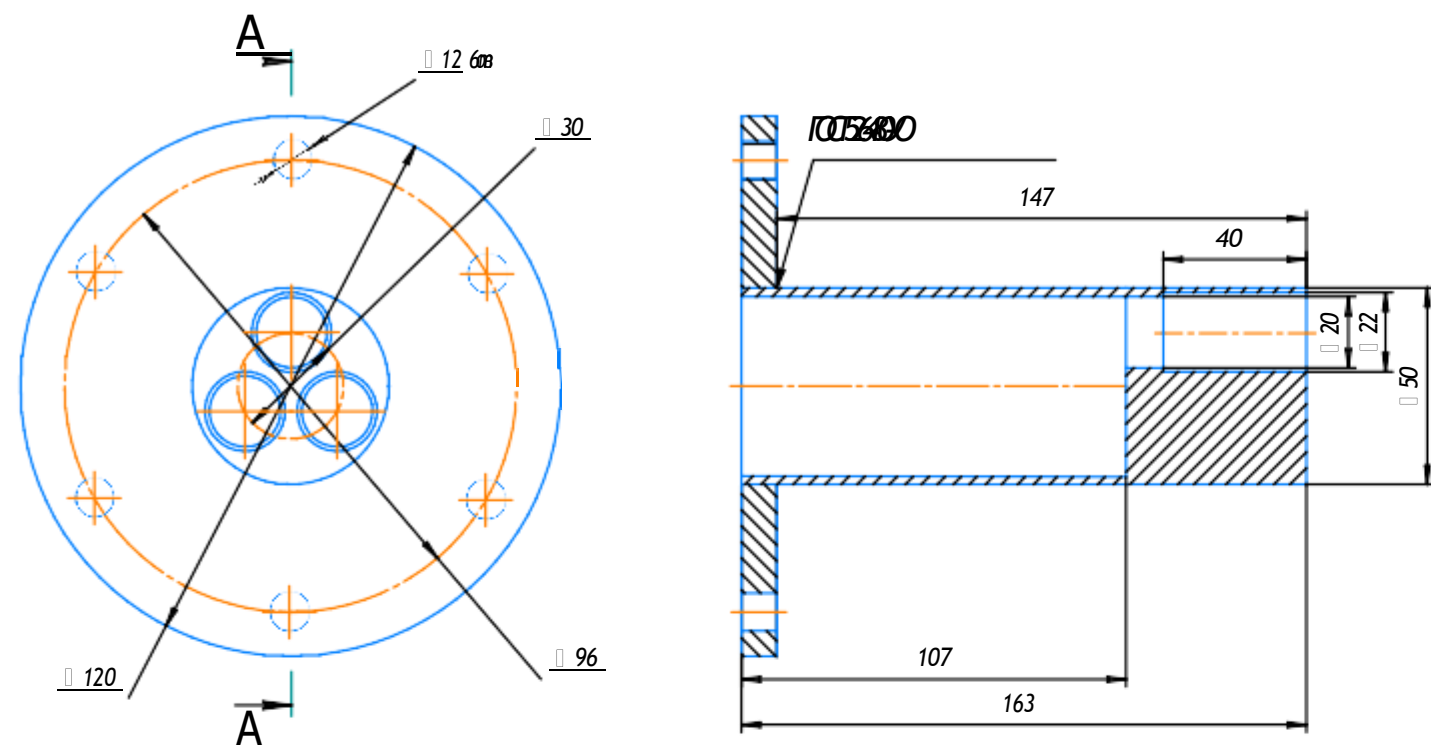
Відповідальна організація	Технічне узгодження	Розробник документа	Документ затверджено	
НУХТ	Чепелюк О.О.	Прокоп А.О.	Гавва О.М.	1.5
Власник документа	Складальне креслення	Статус документа		
НУХТ	Назва, додаткова назва	192093.МР.03.002.СК		
	Випарна колона апарату LETZNER	Вид змін	Дата видання	Мова



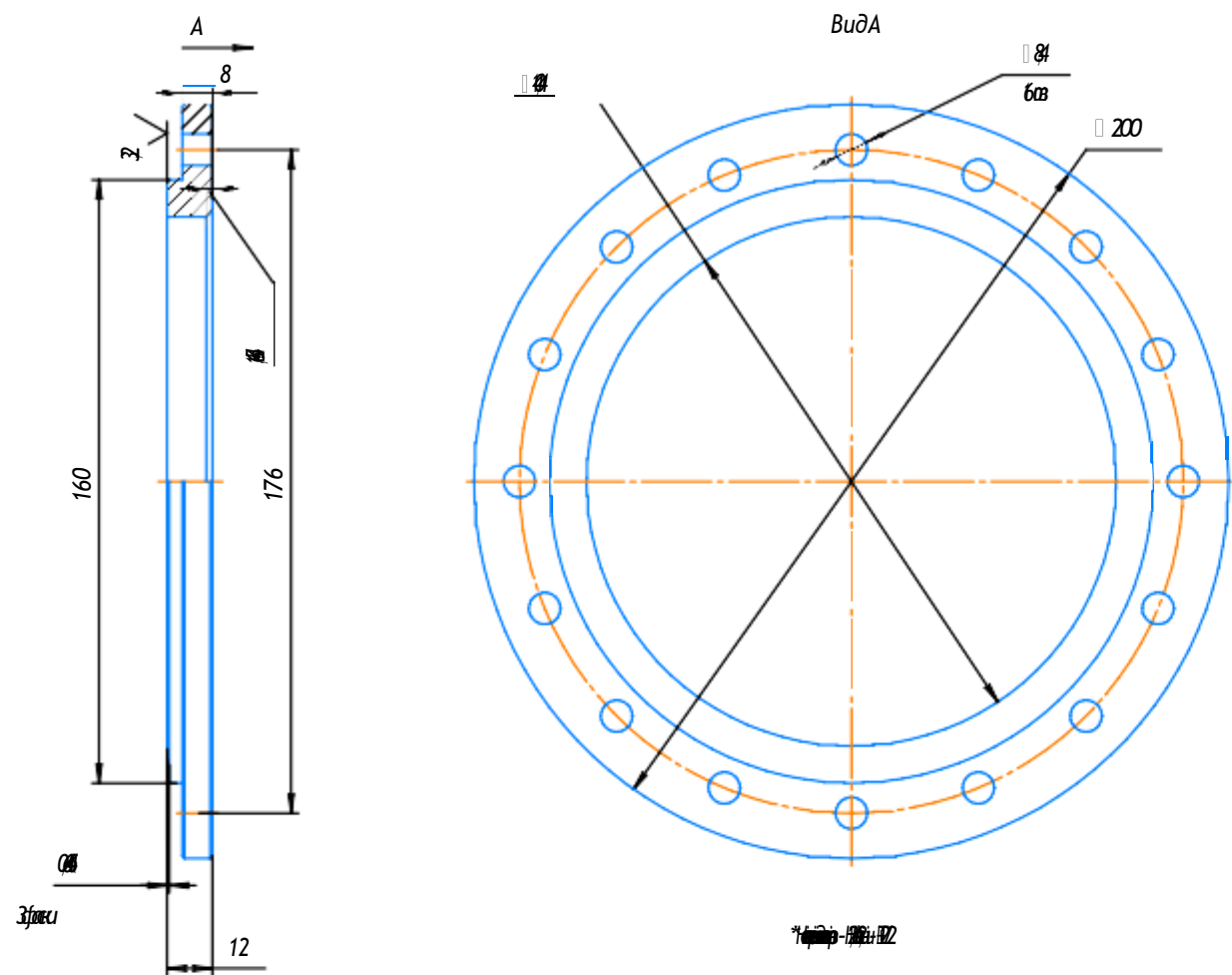
Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Чепелюк О.О.	Розробник документа Прокоп А.О.	Документ затверджено Гавва О.М.	1:4
Власник документа НУХТ	Вид документа Складальне креслення	Статус документа		
	Назва, додаткова назва Кратковласник випарної колони апарату LETZNER	192093.MP.03.003.CK		
	Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш



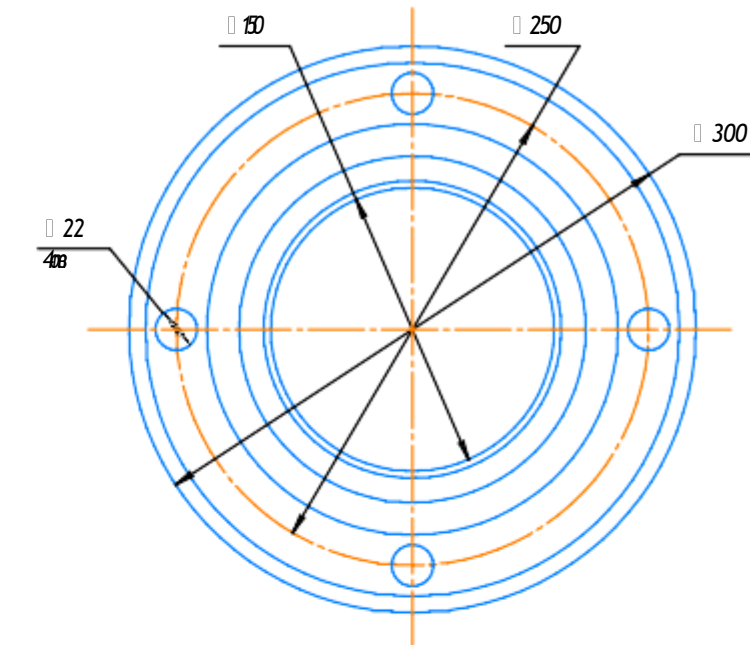
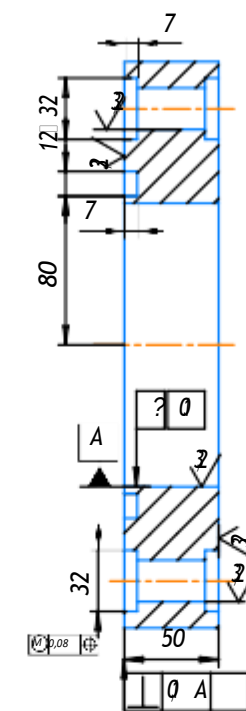
Відповідальна організація Технічне узгодження Розробник документа Документ затверджено			
НУХТ	Чепелюк О.О.	Прокоп А.О.	Гава О.М.
Власник документа		Статус документа	
НУХТ		192093.МР.03.004.СК	
Назва, додаткова назва		Конденсатор	
Ід-змін: Договір		Мова: Аркуш	
		1:2	



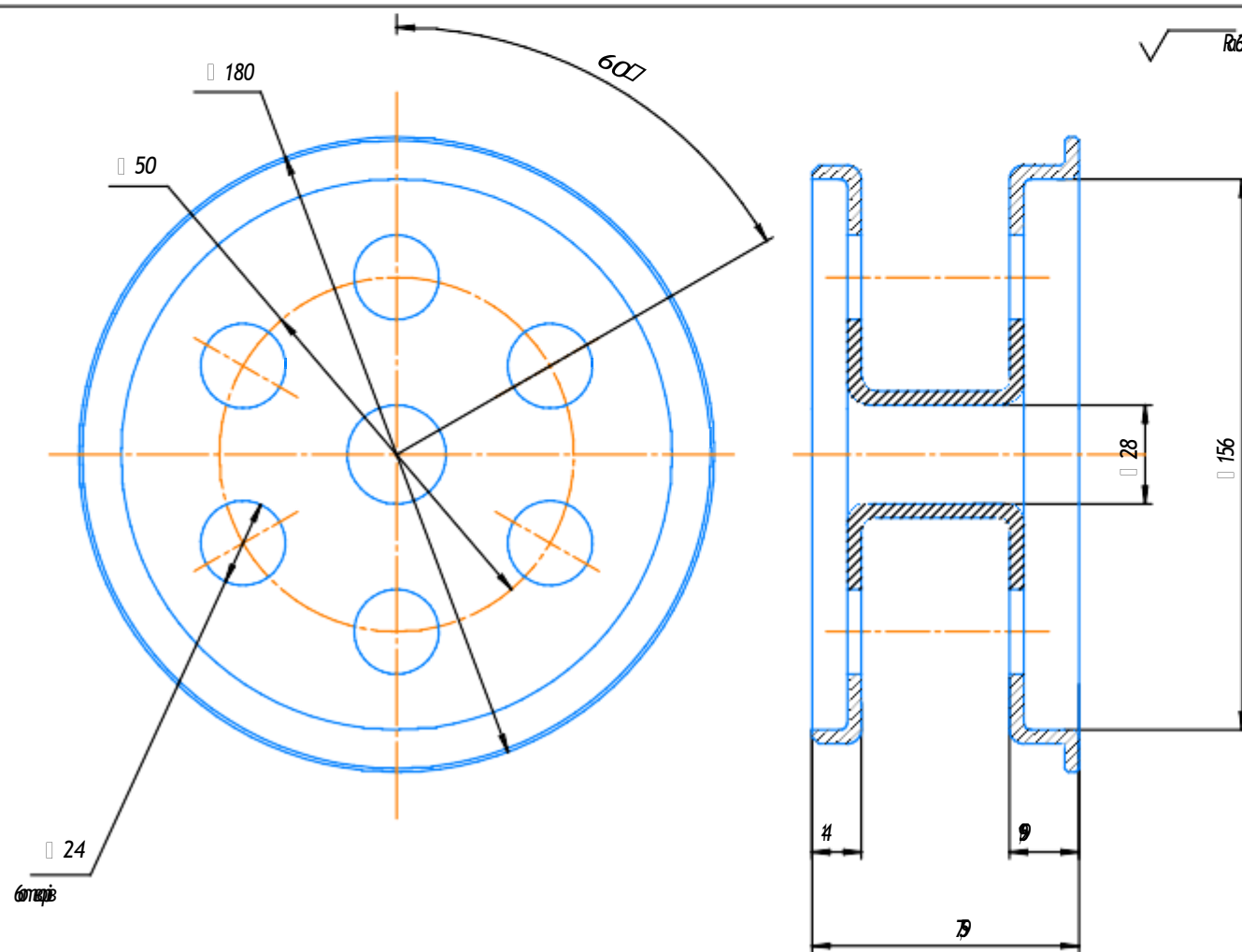
Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Чепелюк О.О.	Розробник документа Прокоп А.О.	Документ затверджено Гавва О.М.	Б/м
Власник документа НУХТ	Вид документа Деталіювання	Назва, додаткова назва Деталі апарату LETZNER	Статус документа 192093.МР.03.005.ДТ	Вид змін Дата видання Мова Аркуш



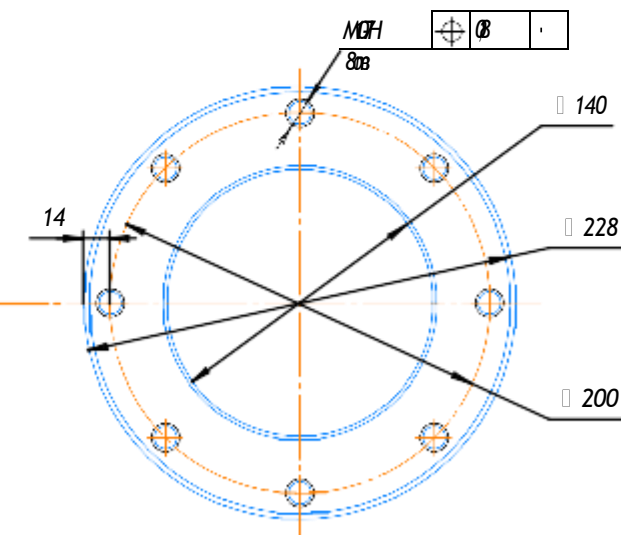
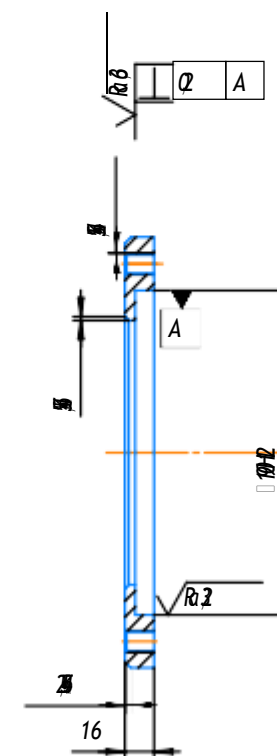
√R08 () √



√R08 () √

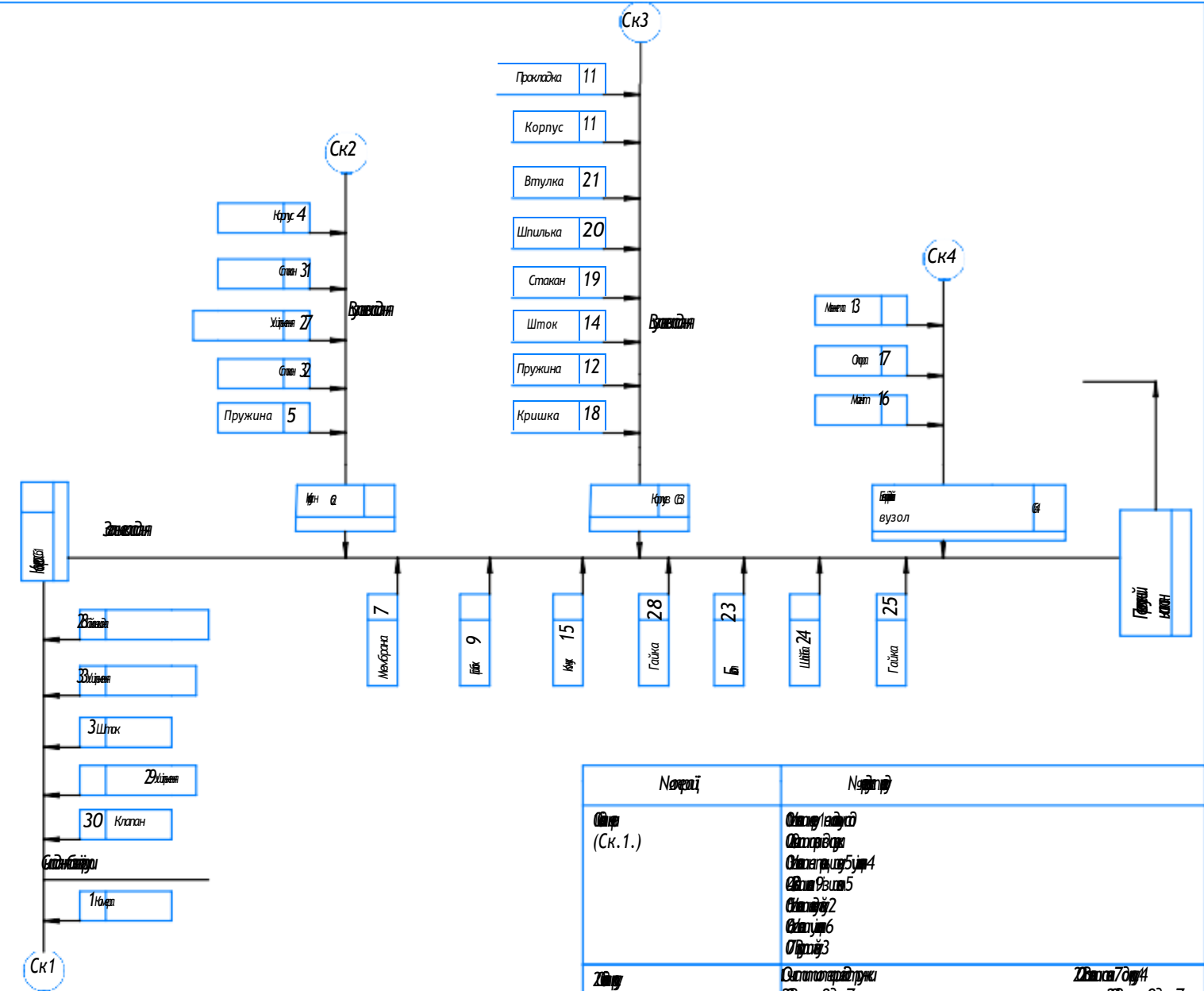
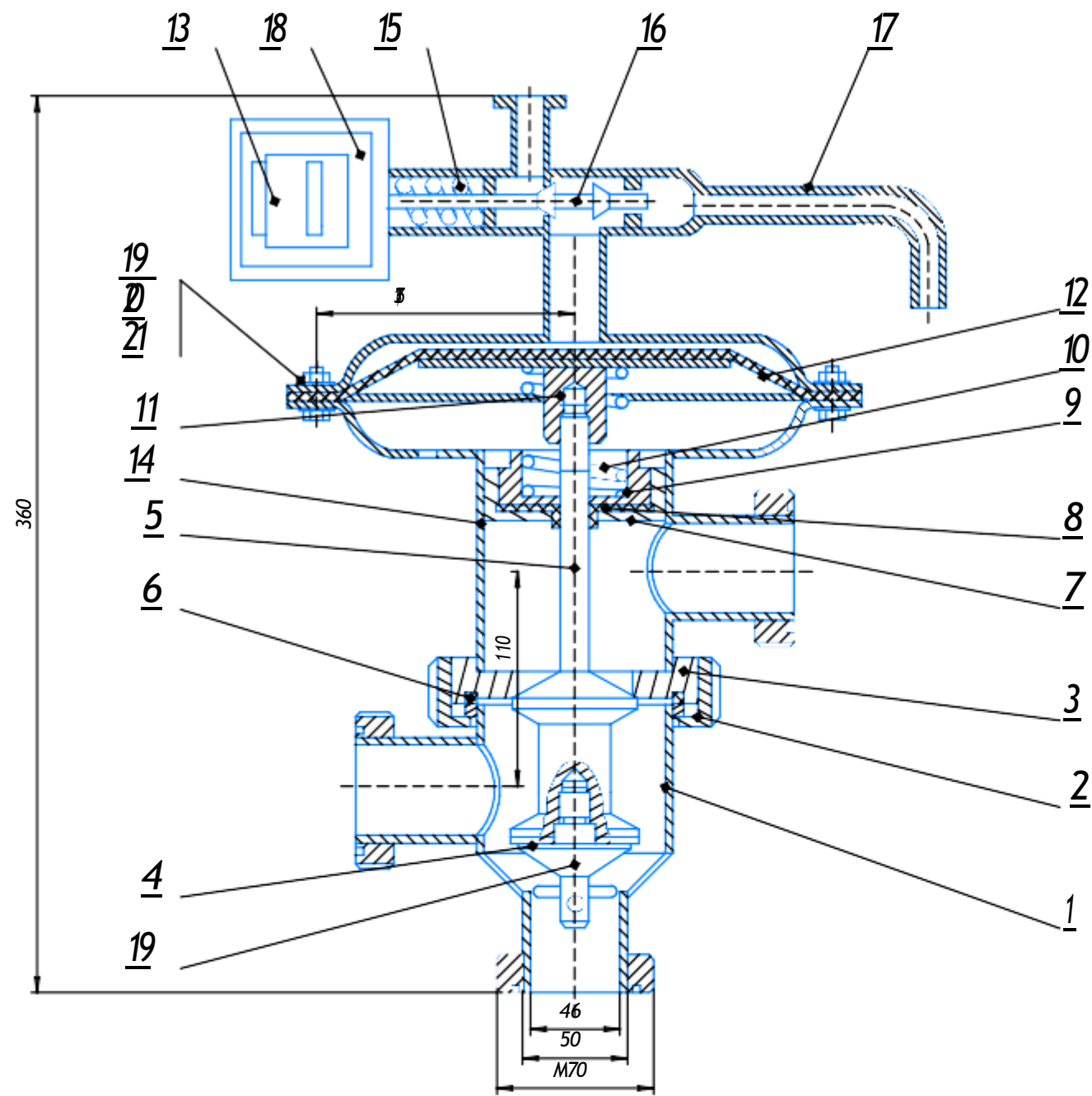


√R08 () √



√R08 () √

Відповідальна організація	Технічне узгодження	Розробник документа	Документ затверджено	б/м
НУХТ	Чеплюк О.О.	Прокол А.О.	Гавва О.М.	
Власник документа	Деталювання	Статус документа		
НУХТ	Назва, додаткова назва	192093.МР.03.006.ДТ		
	Деталі апарату	ЛЕТЗНЕР		
Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш	

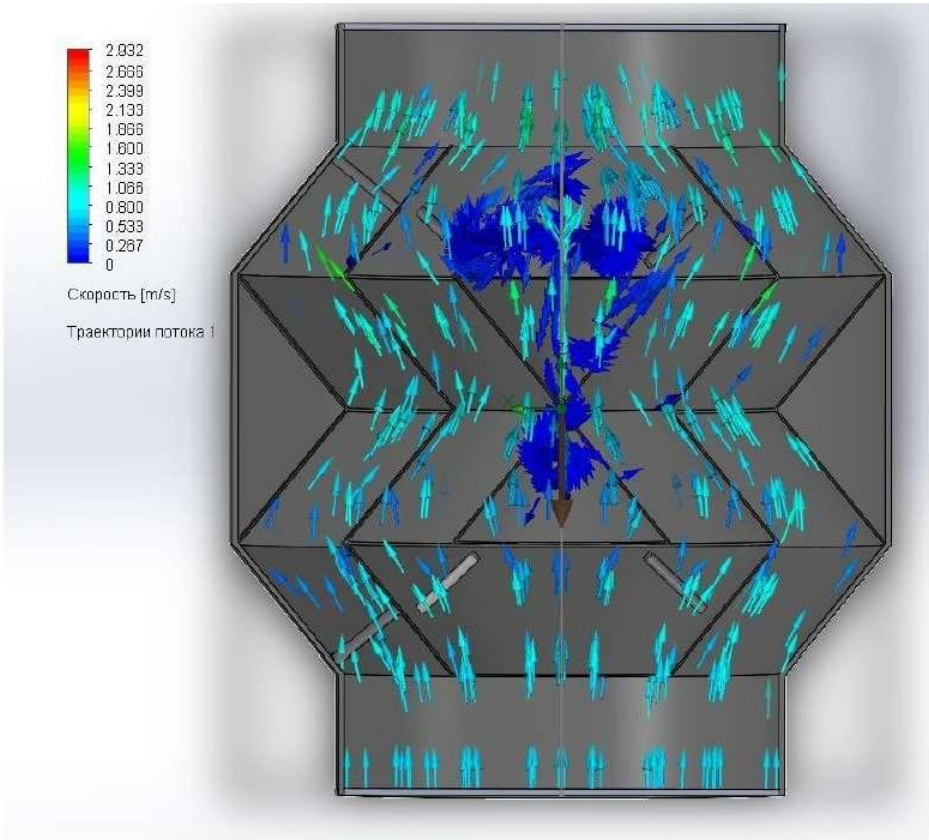


Номер	Назва	Кількість
1	Корпус	1
2	Корпус	1
3	Гайка	1
4	Хвостик	1
5	Шток	1
6	Хвостик	1
7	Стежень	1
8	Втулка	1
9	Стежень	1
0	Пружина	1
1	Диск	1
2	Корпус	1
14	Корпус	1

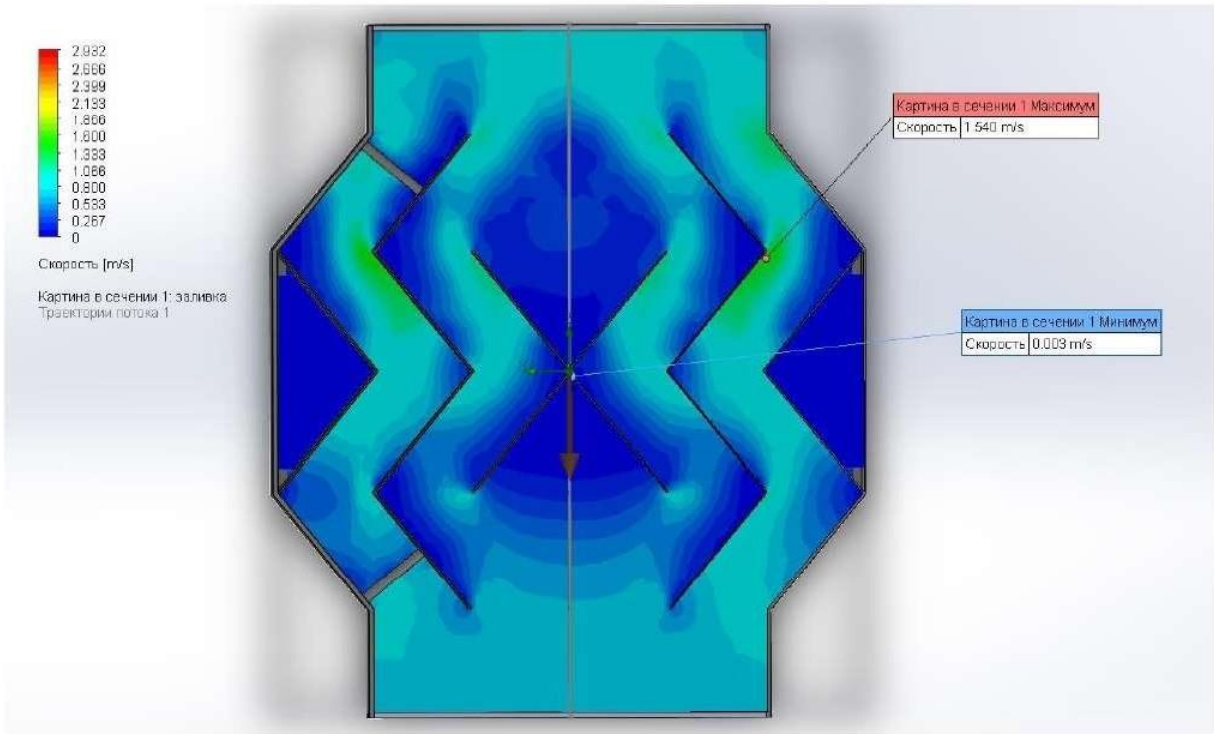
Номер	Назва	Кількість
5	Пружина	1
6	Шток	1
7	Корпус	1
8	Корпус	1
9	Шток	8
0	Гайка	8
2	Болт	8

Назва	Назва
Корпус (Ск. 1.)	Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка
Корпус 2	Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка
Корпус 3 (Ск. 3.)	Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка
Корпус 4	Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка
Корпус 5	Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка
Корпус 6	Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка
Корпус 7	Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка
Корпус 8	Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка
Корпус 9	Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка
Корпус 10	Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка
Корпус 11	Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка
Корпус 12	Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка
Корпус 13	Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка
Корпус 14	Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка
Корпус 15	Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка
Корпус 16	Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка
Корпус 17	Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка
Корпус 18	Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка
Корпус 19	Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка
Корпус 20	Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка
Корпус 21	Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка
Корпус 22	Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка
Корпус 23	Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка
Корпус 24	Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка
Корпус 25	Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка
Корпус 26	Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка
Корпус 27	Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка
Корпус 28	Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка
Корпус 29	Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка
Корпус 30	Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка
Корпус 31	Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка
Корпус 32	Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка
Корпус 33	Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка
Корпус 34	Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка
Корпус 35	Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка
Корпус 36	Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка
Корпус 37	Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка
Корпус 38	Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка
Корпус 39	Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка
Корпус 40	Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка Корпус/втулка

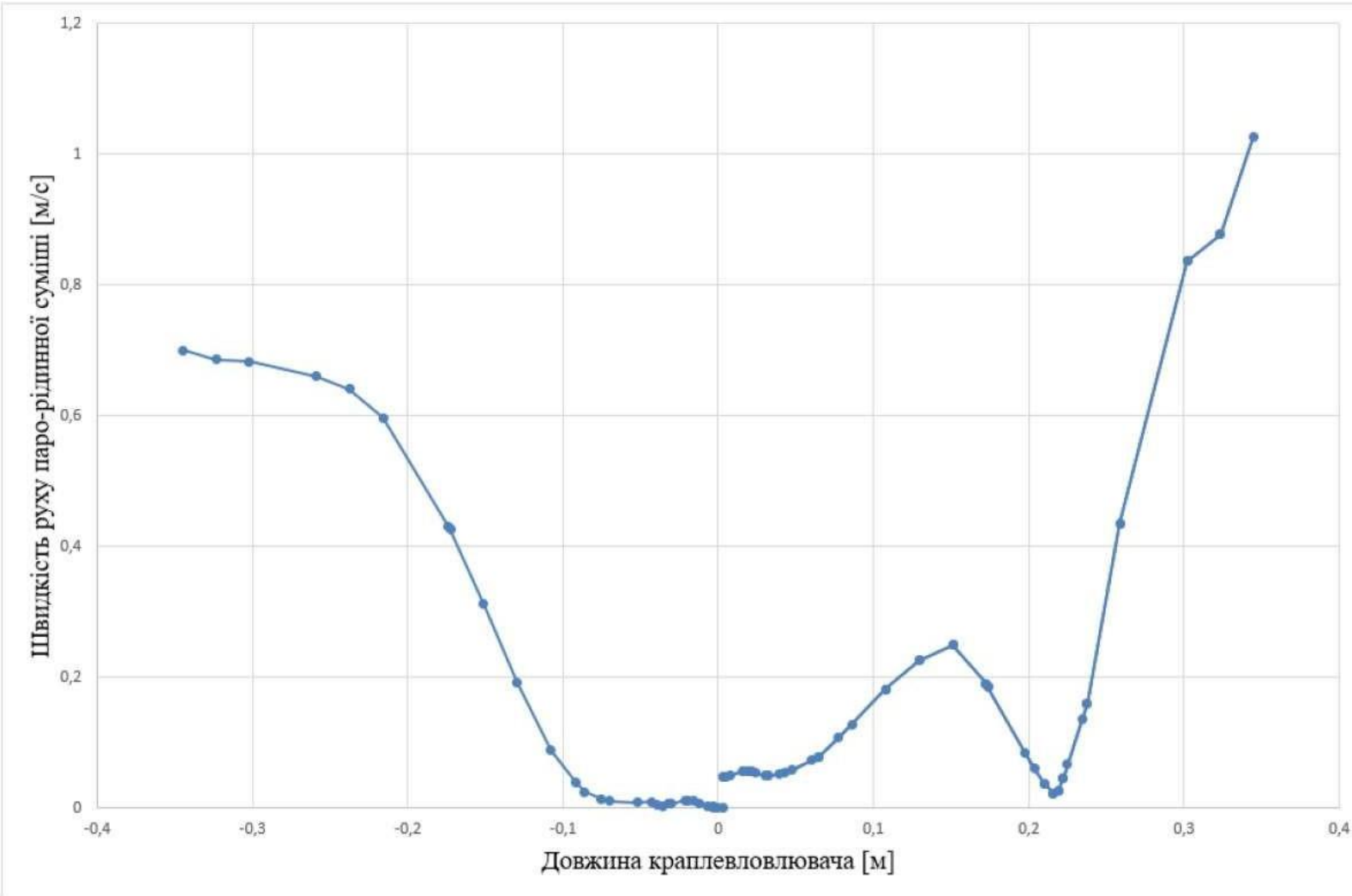
Відповідальна організація	Технічне узгодження	Розробник документа	Документ затверджено
НУХТ	Чепелюк О.О.	Прокоп А.О.	Гавва О.М.
Власник документа	Складальне креслення	Статус документа	6/м
НУХТ	Назва, додаткова назва	192093.МР.03.007.СК	Технологія машинобудування
	Інд. змін.	Дата видання	Мова
			Аркуш



Швидкість паро-рідинної суміші у вигляді векторів у новій формі краплеуловлювача

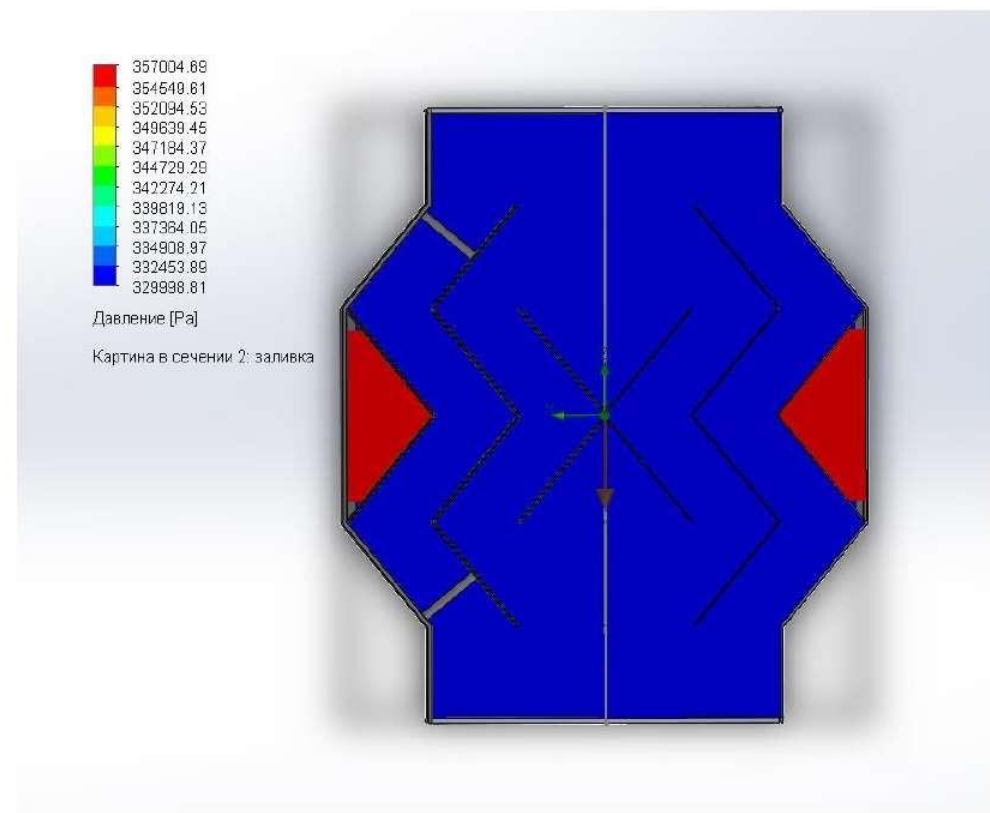


Поле швидкостей у поздовжньому перерізі сепараційного пристрою

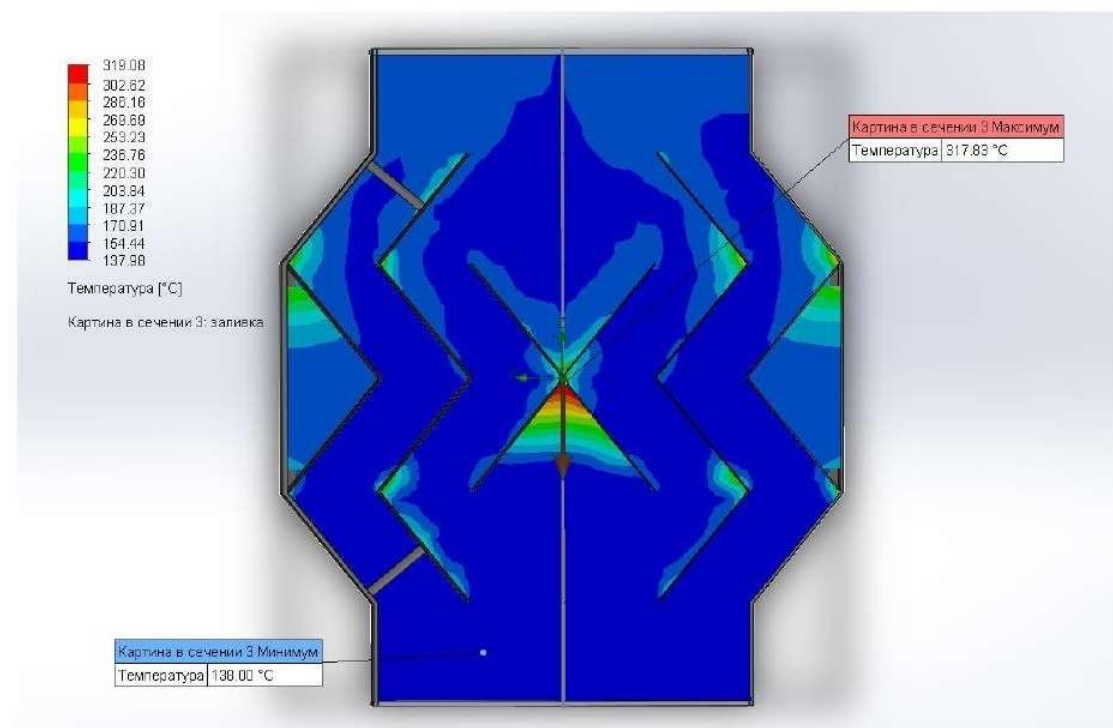


Зміна швидкості руху паро-рідинної суміші по довжині краплеуловлювача

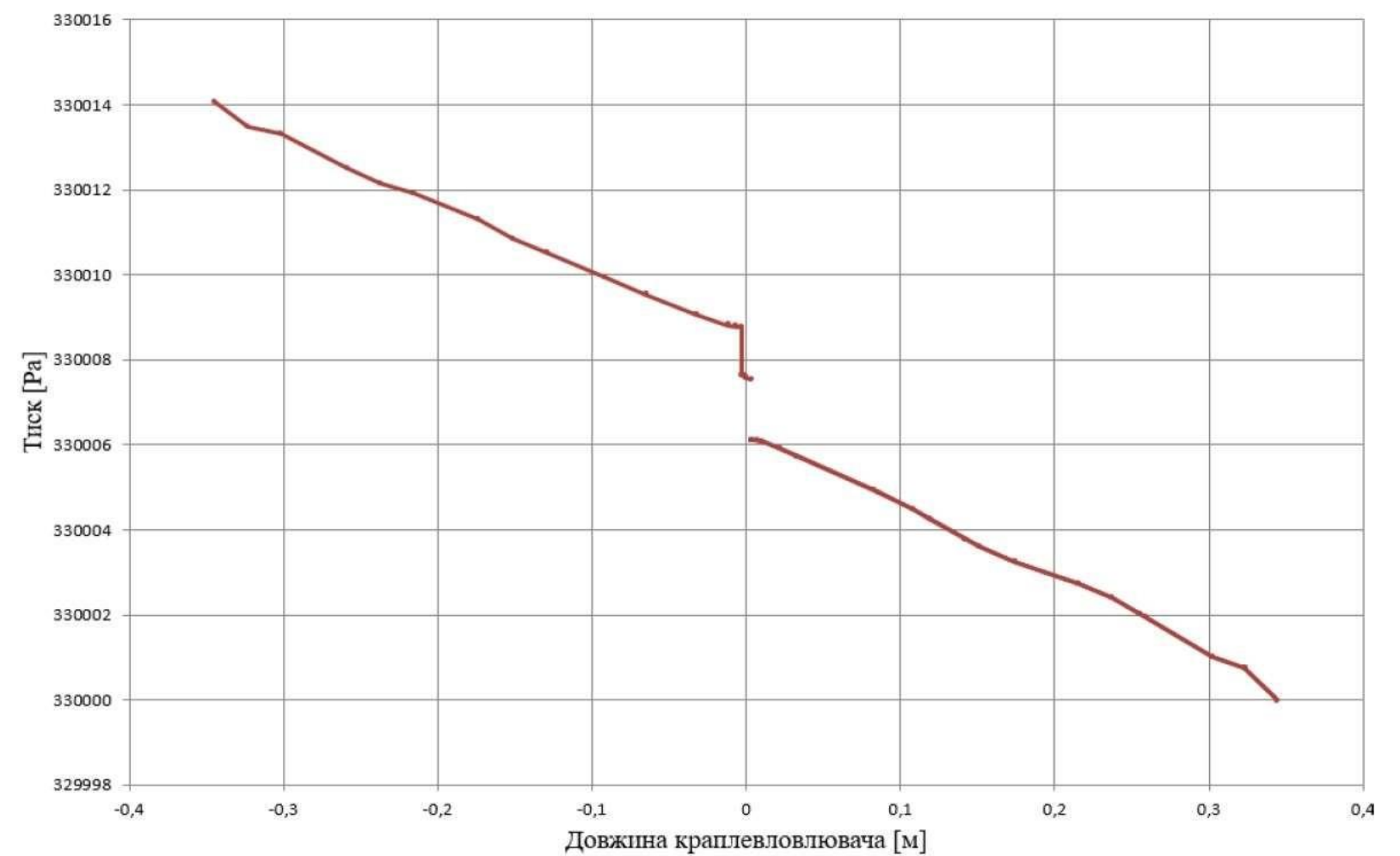
Відповідальна організація	Технічне узгодження	Розробник документа	Документ затверджено	
НУХТ	Чепелюк О.О.	Прокоп А.О.	Гавва О.М.	б/м
Власник документа		Вид документа	Статус документа	
НУХТ		Науково-дослідна робота		
		Назва, додаткова назва	192093.MP.03.008.NP	
		Науково-дослідна робота	Ід. змін.	Дата видання
			Мова	Аркуш



Розподіл тиску всередині колони з новим типом краплеуловлювача

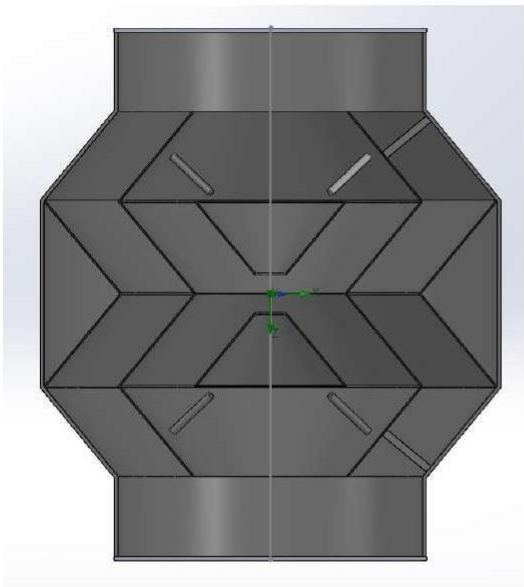


Розподіл температури всередині колони з новим типом краплеуловлювача

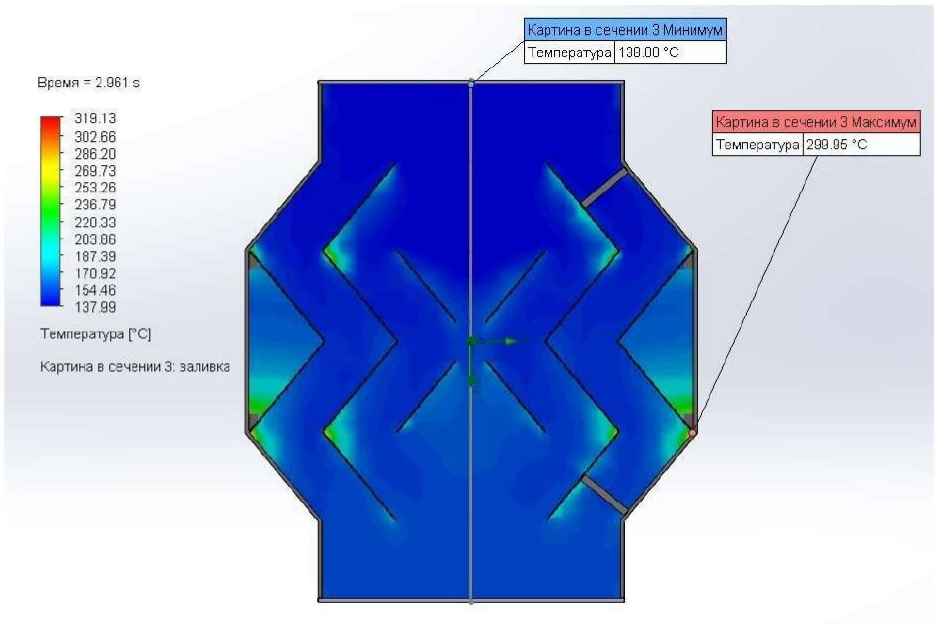


Графік розподілу тиску всередині краплеуловлювача

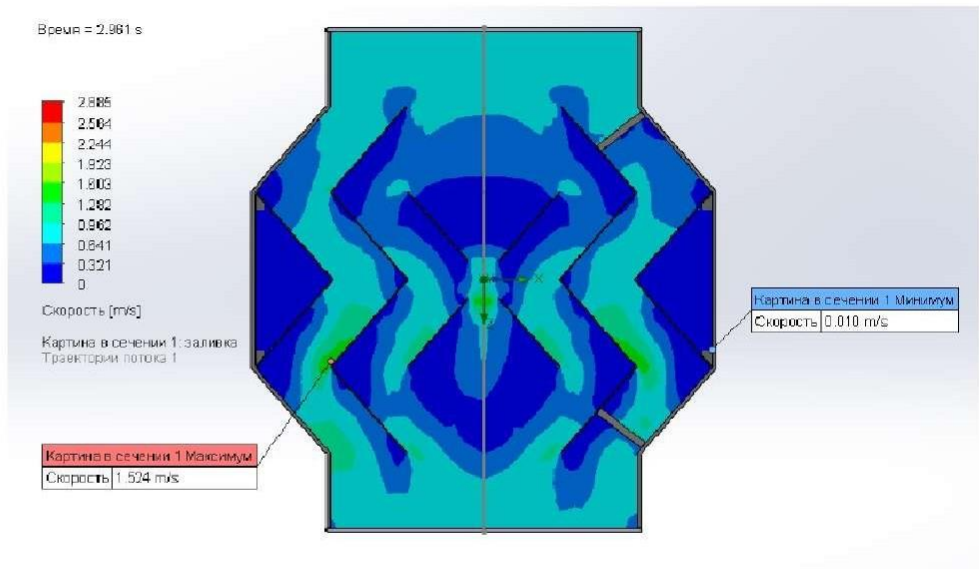
Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Чепелюк О.О.	Розробник документа Прокоп А.О.	Документ затверджено Гавва О.М.	б/м
Власник документа НУХТ		Вид документа Науково-дослідна робота	Статус документа	
		Назва, додаткова назва Науково-дослідна робота	192093.MP.03.009.NP	
		Інд. змін.	Дата видання	Мова
		Аркуш		



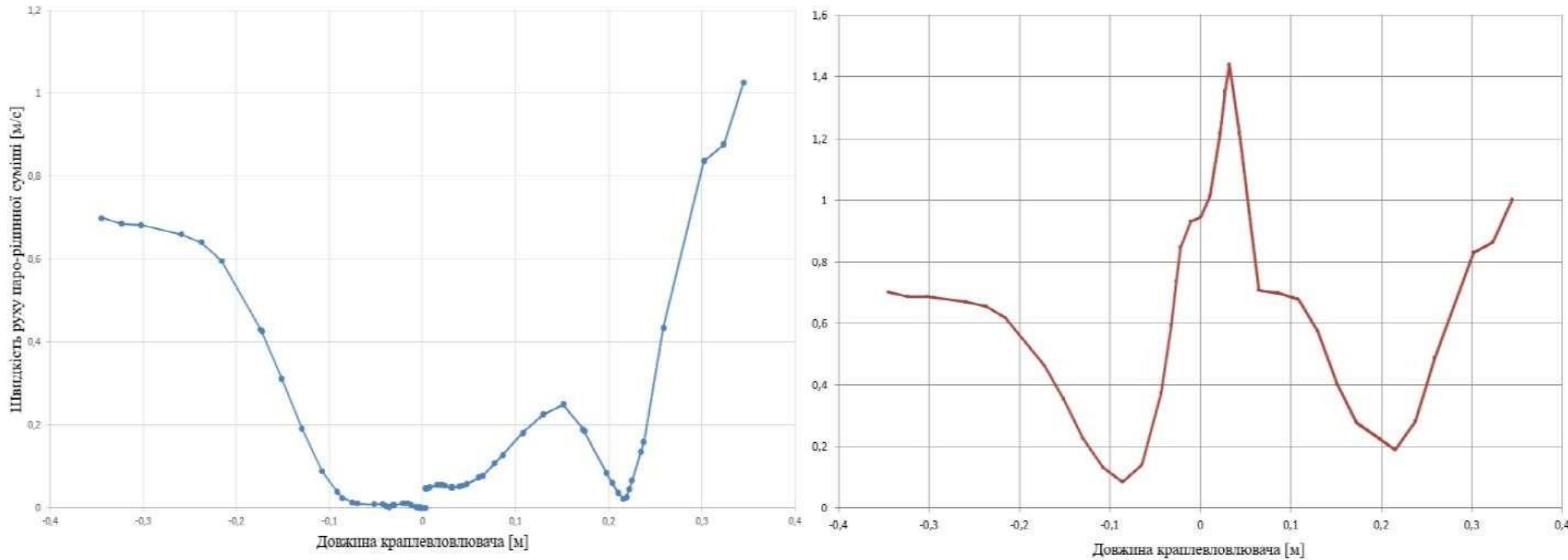
Кроплеуловлювач з отвором вздовж вісі обертання пристрою



Розподіл температури в поперечному перерізі кроплеуловлювача



Розподілення швидкості паро-рідинної суміші у поперечному перерізі кроплеуловлювача з центральним отвором



Порівняння двох графіків швидкості паро-рідинного потоку.
Ліворуч без отвору, праворуч – з центральним отвором

Відповідальна організація	Технічне узгодження	Розробник документа	Документ затверджено	
НУХТ	Чепелюк О.О.	Прокоп А.О.	Гавва О.М.	б/м
Власник документа		Статус документа		
НУХТ		Науково-дослідна робота		
		Назва, додаткова назва	192093.MP.03.010.NP	
		Науково-дослідна робота	Інд. змін.	Дата видання
			Мова	Аркуш