

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

« » _____ 2022р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
Олександр Гавва
(підпис) (ім'я та прізвище)

« » _____ 2022р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності 133 "Галузеве машинобудування"
(код та назва спеціальності)
освітньо-професійної програми Інжиніринг харчових та біотехнологічних
виробництв
на тему: Модернізація іонообмінного апарату для пом'якшення води
продуктивністю 2м³/год.

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ОФ-4-10ск

Годовний Олександр Сергійович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник Житнецький Ігор Володимирович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти Юрій Бойко
(ім'я та прізвище) (підпис)

_____ (ім'я та прізвище) (підпис)

_____ (ім'я та прізвище) (підпис)

Рецензент _____ (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 - 2022р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут Навч.-науковий інженерно-технічний інст. ім. акад. І.С. Гулого

Кафедра Машини і апарати харчових та фармацевтичних виробництв

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

(код і назва)

Освітньо-професійна програма Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

проф. Гавва О.М.

“ _____ ” _____ 2022 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Годовний Олександр Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Модернізація іонообмінного апарату для пом'якшення води продуктивністю 2м³/год.

2. Керівник роботи Житнецький Ігор Володимирович, доцент, к.т.н.

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

затверджені наказом закл. вищої освіти від “31” березня 2022 року № 167-кв

3. Строк подання здобувачем роботи 01 червня 2022 р.

4. Вихідні дані до роботи технічний паспорт обладнання; кресленики обладнання; навчальна нормативна та спеціальна література

5. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) анотація, зміст; вступ; Аналіз процесу очищення води та технічних рішень; техніко-економічне обґрунтування введення в експлуатацію; Характеристика вхідної сировини; опис будови та принцип роботи; розрахункова частина; технологія машинобудування; Опис блоку управління; Заходи щодо охорони праці; висновки; список використаної літератури, додатки

6. Перелік графічного матеріалу

- загальний вигляд іонообмінного апарату (1 аркуш); іонний фільтр (1 аркуш); колона (1 аркуш); креслення технологічного процесу виготовлення фланця (1 аркуш)

7. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Технологія</i>			
<i>машинобудування</i>			

8. Дата видачі завдання 31 березня 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	<i>Анотація, зміст</i>	04.04.2022	
	<i>Вступ</i>	06.04.2022	
	<i>Аналіз процесу очищення води та технічних рішень</i>	13.04.2022	
	<i>Техніко-економічне обґрунтування</i>	13.04.2022	
	<i>Опис будови та принцип роботи</i>	30.04.2022	
	<i>Розрахункова частина</i>	05.05.2022	
	<i>Технологія машинобудування</i>	12.05.2022	
	<i>Опис блоку управління</i>	15.02.2022	
	<i>Охорона праці</i>	17.05.2022	
	<i>Висновки</i>	19.05.2022	
	<i>Список використаної літератури</i>	20.05.2022	
	<i>Додатки</i>	20.05.2022	
	<i>Графічна частина; 4 аркуша формату А1</i>	25.05.2022	
	<i>Подача роботи на кафедру</i>	01.06.2022	

Здобувач

_____ (підпис)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Олександр ГОДОВНИЙ
(прізвище та ініціали)

Ігор ЖИТНЕЦЬКИЙ
(прізвище та ініціали)

Анотація

Годовний Олександр Сергійович. Модернізація іонообмінного апарату для пом'якшення води продуктивністю 2м³/год. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавра.

Актуальність теми полягає у необхідності удосконалення технологічного обладнання системи підготовки води на фармацевтичному підприємстві, а саме, апарату для пом'якшення води методом іонного обміну.

Запропоновано технічне рішення модернізації апарату для пом'якшення води. Апарат складається з двох колон зі сферичними днищем і кришкою. В середині колони на решітці знаходиться шар іонообмінної смоли, який займає 70 відсотків об'єму колони. У колону подається вода зі свердловини після попереднього очищення на пісочному фільтрі. Пом'якшена вода подається на наступні етапи очищення. Після підвищення показників жорсткості води на виході із колони смола регенерується шляхом пропускання сольового розчину. Розчин готується шляхом пропускання води через окремий резервуар з кристалічною сіллю.

На відміну від аналогічних апаратів, запропонована конструкція відрізняється тим, що:

- Корпус апарату виготовлений із нержавіючої сталі;
- Вода на очищення подається зверху;
- Потік води рівномірно розподіляється через колектор під решіткою.

Технічний результат полягає у наступному. На відміну від полімерного корпусу, корпус із нержавіючої сталі буде повільніше зношуватися за рахунок тертя із частинками смоли. Верхня подача води забезпечить комфортніші і безпечніші умови обслуговування апарату. Встановлення колектора забезпечить рівномірний потік води, і, відповідно, рівномірне використання іонообмінної смоли, без утворення застійних зон.

Роботоздатність апарату підтверджено розрахунками на міцність корпусу, кришок і днища під дією надлишкових тисків, і зварних швів. Виконання розроблених заходів з охорони праці дозволять безпечну роботу апарату.

Графічна частина кваліфікаційної роботи виконана на 4 листах, із яких 3 стосуються безпосередньо конструкції апарату, його деталей і вузлів, і 1 лист – технології виготовлення фланцю для подачі води.

Ключові слова: іонообмінний апарат, пом'якшення, вода, іонообмін

Annotation

Hodovniy Oleksandr Serhiyovych. Modernization of the ion exchange apparatus for water softening with a capacity of 2 m³ / h. Qualifying work for a bachelor's degree.

The urgency of the topic lies in the need to improve the technological equipment of the water treatment system at the pharmaceutical company, namely, the device for water softening by ion exchange.

The technical solution of modernization of the device for water softening is offered. The device consists of two columns with a spherical bottom and a cover. Inside the column on the lattice is a layer of ion exchange resin, which occupies 70 percent of the volume of the column. Water from the well is fed into the column after preliminary cleaning on a sand filter. Softened water is fed to the next stages of purification. After increasing the hardness of the water at the outlet of the column, the resin is regenerated by passing the saline solution.

The solution is prepared by passing water through a separate tank with crystalline salt. Unlike similar devices, the proposed design differs in that:

- The case of the device is made of stainless steel;
- Water for purification is fed from above;
- The water flow is evenly distributed through the collector under the grate.

The technical result is as follows. Unlike a polymer case, the stainless steel case will wear more slowly due to friction with resin particles. The upper water supply will provide more comfortable and safer service conditions for the device. The installation of the collector will ensure a uniform flow of water, and, accordingly, the uniform use of ion exchange resin, without the formation of stagnant zones.

The operability of the device is confirmed by calculations on the strength of the body, covers and bottom under the action of excess pressure, and welds. Implementation of the developed measures for labor protection will allow safe operation of the device.

The graphic part of the qualification work is made on 5 sheets, of which 4 relate directly to the design of the device, its parts and components, and 1 sheet - the technology of manufacturing a flange for water supply.

Key words: ion exchange apparatus, softening, water, ion exchange

ЗМІСТ

Анотації	1-4
Вступ	5-7
1.Аналіз процесу очищення води та технічних рішень	8-10
1.1 Процес й обладнання для очищення води.	
1.2.Вимоги до очищеної води.	
1.3.Загальні вимоги до системи зберігання ВО.	
1.4.Опис технологічного процесу всього циклу очищення води.	
2.Техніко-економічне обґрунтування теми проекту	11
3.Характеристика вхідної сировини.	
Характеристика іонообмінних смол	12-17
3.1.Іонні реактори.	
3.2.Рекомендовані умови експлуатації.	
3.3.Основні переваги.	
3.4.Механізм дії	
4.Опис запропонованого технічного рішення	18
5.Розрахункова частина	19-38
5.1.Розрахунок Na - катіонного фільтра.	
5.2.Розрахунок механічного фільтра.	
5.3.Конструктивний розрахунок.	
5.4. Розрахунок напружень у зоні I.	
5.5. Розрахунок напружень у зоні II.	
5.6. Розрахунок напружень у зоні III.	
5.7. Розрахунок напружень у зоні IV.	
5.8. Розрахунок напружень у зоні V.	
5.9.Розрахунок опор іонообмінної колонки.	
6.Технологія машинобудування	39-50
6.1.Вибір заготовки і розрахунок пропусків.	
6.2.Маршрутна технологічна карта.	
6.3.Розрахунок режимів різання.	
7.Опис блоку управління (постановка задач автоматизації)	51-52
7.1.Характеристика виробничих процесів як об'єктів автоматизації.	
7.2.Вимоги до системи автоматизації. Критерії управління.	
8.Заходи щодо охорони праці	53-54
9.Висновки	55
10.Список використаних джерел	56-57

НУХТ	<i>Технічне узгодження Житнєцький ІВ.</i>	ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа Годовний О.С</i>	<i>Розробник документа Годовний О.С.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i>	<i>200395.ДП.4.1.001</i>			
	<i>Документ затверджено Габда О.М.</i>	ЗМІСТ	<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова ІІА</i>	<i>Аркуш 4</i>

ВСТУП

Іонообмінні процеси широко застосовуються для водопідготовки: пом'якшення і знесолення води, очищення розчинів, поділу суміші речовин і т. Д. У цукровій промисловості іоніти використовуються для очищення соків і сиропів. З їх допомогою можна видалити з цукрових розчинів майже всі несахаристу речовини. У виноробстві іоніти використовуються для видалення іонів заліза і кальцію, поліпшення якості вин, в молочній промисловості - для очищення молока від іонів кальцію та інших металів, в жировому виробництві - для очищення рослинного масла. Іонообмінні процеси здатні по техніко-економічними показниками конкурувати з процесами екстракції, ректифікації та ін. В іонообмінних процесах здійснюється виборче поглинання одного або декількох компонентів з розчинів за допомогою іонітів.

Іонообмінні процеси відрізняються від адсорбційних тим, що відбувається обмін іонами між іонітами і розчином. При цьому йде переміщення іонів з розчинів до поверхні іоніту, а іони з поверхні іоніту переходять в розчин.

Як іонітів використовуються тверді, практично нерозчинні у воді і органічних розчинниках природні або синтетичні матеріали. Іоніти представляють собою дрібнозернисті гранульовані частинки кулястої форми. Іонообмінні властивості іонітів характеризуються ємністю обміну, яка виражається числом міліграм-еквівалентів іонів, обмінюваних 1 г іоніта.

Слід зазначити, що іноді гетерогенна хімічна реакція подвійного обміну, що протікає на поверхні розділу твердої і рідкої фаз, є найбільш повільної стадією іонообмінного процесу, що лімітує швидкість процесу в цілому.

НУХТ	<i>Технічне узгодження Житнецький І.В.</i>	ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа Годовний О.С.</i>	<i>Разробник документа Годовний О.С.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i>	200395.ДП.4.1.001			
	<i>Документ затверджено Гавва О.М.</i>	ВСТУП	<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова ІІА</i>	<i>Аркул 5</i>

Іонообмінна технологія набула широкого поширення після розробки синтетичних іонітів, що відрізняються великою обмінною ємністю, механічною міцністю, не розчиняється у воді і агресивних розчинниках, здатністю до регенерації.

Іоніти розрізняються за хімічним складом і структурі. Однак всі вони побудовані за одним принципом: мають матрицю, яка несе надлишковий заряд, і протиіони. Матриця іонообмінних смол складається з полімерної просторової сітки гідрофобних вуглеводневих ланцюгів. Будова матриці обумовлює здатність іонообмінних смол набухати у воді і розчинниках. У матриці розташовані функціонально активні групи, які надають смолі іонообмінні властивості. Від характеру активних груп залежать знаки зарядів матриці іоніту і рухливих іонів. За знаком заряду обмінюються проіонів іоніти поділяють на катіоніти і аніоніти.

Катіоніти мають кислотний характер і мають здатність обмінювати позитивно заряджені іони. Катіоніти містять сульфогрупи, Карбоксильні групи - HCOO^- , Фосфонової групи - Що несуть негативний заряд. Аніоніти містять амідогрупи, аміногрупи, що несуть позитивний заряд. Іоніти повинні володіти механічною міцністю, не розчинятися в оброблюваному продукті, не забруднювати його. До Іоніт, застосовуваним для очищення цукрових розчинів, пред'являються, крім зазначених, такі вимоги: вони повинні бути стійкі в кислому і лужному середовищах, не розчинятися в воді і цукрових розчинах, мати розмір і форму, що забезпечує невисоке гідравлічний опір проходженню розчину через шар. У виробничій практиці широко поширені іонообмінні установки періодичної дії з нерухомим шаром іоніту.

Жорстка вода – не лише причина частого виходу з ладу побутової техніки, але й небезпека для всіх членів сім'ї, оскільки розчинений у воді магній і кальцій, проникаючи в організм у великих кількостях, можуть викликати різноманітні захворювання. Всесвітня організація охорони здоров'я встановила норму вмісту у воді солей жорсткості, на рівні 0,5-1,0 ммоль/л.

Для котлів із температурою теплоносія не вище 115°C максимально допустимі значення жорсткості складають 1,5 та 0,7 ммоль/л відповідно до температури нагріву води в 75°C та 100-115 °C.

В той же час санітарно-хімічні показники безпечності та якості питної води встановлюють для водопровідної води норму жорсткості не більше 7ммоль/л. Таким чином пом'якшення води є актуальною задачею для мешканців більшості регіонів України.

Якщо за результатами проби Ваша вода показує більш високий рівень цих елементів, то лише якісний пом'якшувач для води дозволить запобігти вищеназваних проблем.

Найбільш поширені неприємності з якістю води:

- наявність нерозчинених механічних частинок: пісок, суспензій, іржа, а також колоїдні речовини;
- наявність у воді розчиненого заліза та марганцю;
- жорсткість, яка визначається кількістю розчинених солей кальцію та магнію;
- наявність неприємного присмаку, запаху, та кольоровості;
- бактеріологічне зараження.

Зазначимо, наведений список не вичерпує різноманіття проблем, які виникають з водою, проте знайомить нас із найпоширенішими із них.

Обробка води з метою підготовки для пиття, господарських і виробничих цілей є комплексом фізичних, хімічних і біологічних методів зміни її початкового складу.

1. АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ТА ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ

1.1. Процес і обладнання для очищення води.

Розглянемо системи зберігання, отримання та розподілення води очищеної для вимог підприємства.

Кожна система розподілення, зберігання та отримання ВО індивідуальна (технічне оснащення) та забезпечує водою очищеною відповідну виробничу дільницю/лабораторію. Кожна система має певні інструкції по експлуатації та інструкції з тех. обслуговування.

1.2. Вимоги до очищеної води.

Таблиця 1.1. Вимоги ДФУ:

	Опис	Параметри Води очищеної
Очищена вода	Безбарвна рідина без смаку та запаху	1. Окислювальні речовини – ледь рожевий розчин або органічний вуглець $\leq 0,5$ мг/л. 2. Нітрати – не більше 0,00002%. 3. Важкі метали – не більше 0,00001%. 4. Електропровідність – $\leq 4,3$ $\mu\text{S}/\text{cm}$ при 20°C. 5. Мікробіологічна чистота – ≤ 100 КОЕ/1 мл.

НУХТ	<i>Технічне узгодження Житнєцький ІВ.</i>	ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа Годовний О.С</i>	<i>Розробник документа Годовний О.С.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ТА ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ	<i>200395.ДП.4.1.001</i>			
	<i>Документ затверджено Габда О.М.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова ІІА</i>	<i>Аркуш 8</i>

Загальні вимоги до системи отримання ВО:

- вся система має бути оснащена насосом для підвищення тиску води
- може бути оснащено проміжними фільтрами та УФ-лампами для зменшення мікробіологічного навантаження на систему (зادля необхідності)
- може бути з мультимедійними фільтрами або пісочними фільтрами
- має бути система з пом'якшувачами води
- оснащення ультрафільтрації з проміжною ємністю ультрафільтрата для забезпечення стабільної роботи зворотного осмосу

Кінцева стадія отримання ВО повинна бути виконана з відповідного матеріалу, який відповідає вимогам – полісульфон чи нержавіюча сталь; ущільнення – PTFE, EPDM, PTFE/EPDM.

На кінцевій стадії отримання ВО контролюються якісні показники отриманої ВО.

1.3. Загальні вимоги до ємності системи зберігання ВО:

- ВО має бути зроблена з нержавіючої сталі марки AISI 316L з шорсткістю внутрішньої поверхні $Ra < 0,8$
- ВО має бути обладнана гідروفобним очисником з рейтингом фільтрації 0,2 мкм, може бути оснащена абсорбером CO_2
- ВО має бути обладнана «спрейболами» - для абсолютного омивання внутрішньої поверхні місткості
- ВО має бути обладнана конденсатовідвідниками (попри проведені стерилізації системи)
- ВО має бути обладнана ладом контролю рівня заповнення – апарати виконані з нержавіючої сталі марки AISI 316L без застійних зон, з шорсткістю поверхні $Ra < 0,8$
- ВО може бути обладнана контрольно-вимірювальними апаратами - манометрами чи/або вакуумметрами, датчиками тиску й температури, що

виготовлені з нержавіючої сталі марки AISI 316L без застійних зон, із шорсткістю поверхні $Ra < 0,8$

- ВО має бути оснащена люком та нижнім спуском
- ВО може бути вертикальною чи горизонтальною. При використанні горизонтальної - ємність повинна бути виставлена по рівню для можливості абсолютного спустошення.
- **не дозволяється** застосовувати фланцеві з'єднання. Застосовувати з'єднання зварні або типу «клемп».
- уся запірна арматура має бути зроблена із нержавіючої сталі марки AISI 316L, а саме без застійних зон.

1.4.Опис технологічного процесу всього циклу очищення води.

Системи розподілення, отримання та зберігання ВО обслуговуються кваліфікованим персоналом.

Системи розподілення, отримання та зберігання ВО працюють в автоматичному режимі. Кожна із них індивідуальна, забезпечує водою очищеною деякі виробничі дільниці та має свою документацію (інструкції по експлуатації та технічного обслуговування).

2. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕМИ ПРОЕКТУ

Якісним водоочищенням можна продовжити термін служби котельного обладнання, знизити руйнування ущільнень та корозії металу, позбавити пластини теплообмінника та змішувач бойлера від відкладень.

Ремонт котлів (і його заміна) спричиняє фінансові витрати. Простіше встановити систему водоочисних фільтрів та експлуатувати котельне обладнання, дотримуючись вимог до якості води.

У наявних іонообмінних апаратах є ряд проблем, які потрібно вирішити. До них можна віднести:

- Нераціональне використання смоли за рахунок застійних зон;
- Швидке зношення полімерних стінок апаратів за рахунок тертя смоли
- Незручне обслуговування і умови праці за рахунок нижньої подачі води.

Потрібно досягти такого технічного результату: повільного зношення корпусу за рахунок тертя із частинками смоли; комфортних і безпечніших умов обслуговування апарату, а також рівномірного потоку води, і, відповідно, рівномірного використання іонообмінної смоли, без утворення застійних зон.

Роботоздатність апарату необхідно підтвердити розрахунками на міцність корпусу, кришок і днища під дією надлишкових тисків, і зварних швів.

НУХТ	<i>Технічне узгодження Житницький І.В.</i>	ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа Годовний О.С.</i>	<i>Розробник документа Годовний О.С.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i>	<i>200395.ДП.4.1.001</i>				
	<i>Документ затверджено Гавда О.М.</i>	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕМИ ПРОЕКТУ	<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова ІІА</i>	<i>Арківин 11</i>	

3. ХАРАКТЕРИСТИКА ВХІДНОЇ СИРОВИНИ. ХАРАКТЕРИСТИКА ІОННООБМІННИХ СМОЛ

Вступний вхідний матеріал застосовується вода з артезіанської свердловини, яка в своєму складі хімічні сполуки:

Таблиця 3.1. Показники якості вхідної води.

Показник	Відмітка	Кількість	
		мг/дм ³	мг-екв/дм ³
Сухий залишок			
	S _o	398	—
Окислюваність; мгО ₂ /дм ³	Ок	2	—
Загальна жорсткість	Ж _o	—	6,0
Карбонатна твердість	Ж _к	—	5,5
Некарбонатна твердість	Ж _{нк}	—	0,5
Бікарбонат – іони	HCO ₃	335	5,5
Сульфат – іони	SO ₄ ²⁻	48	1,0
Хлорид – іони	Cl ⁻	18	0,5
Бісилікат – іони	HSiO ₃	38,5	0,5
Натрій – іони	Na ⁺	23	1,0
Вільна кислота	CO ₂	22	0,5 *
В перерахунку в бікарбонат-іони			

НУХТ	<i>Технічне узгодження Житнєцький ІВ.</i>	ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа Годовний О.С.</i>	<i>Розробник документа Годовний О.С.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> ХАРАКТЕРИСТИКА ВХІДНОЇ СИРОВИНИ. ХАРАКТЕРИСТИКА ІОННООБМІННИХ СМОЛ	200395.ДП.4.1001			
	<i>Документ затверджено Габда О.М.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова ІІА</i>	<i>Аркуш 12</i>

Таблиця 3.2. Характеристика досліджуваних іонітів.

Марка	Розмір зерен, мм	Насипна маса, т/м ³		Повна обмінна ємність, г-екв/м ³
		товарного продукту	в набряклому стані	
Сульфовугілля 1го сорту крупний СК-1	0,5...1,2	0,67...0,7	-	500
Дрібний СМ-1	0,25...0,7	0,69...0,79	-	570
Катіоніт КУ-1	0,3...1,0	0,6...0,73	0,33	650
Катіоніт КУ-2-8	0,315...1,25	0,7...0,88	0,34	1700
Катіоніт КБ-4- П2	0,25...1,0	0,68...0,82	0,17...0,33	2800

3.1. Іонні реактори.

Призначені для обробки харчових продуктів іонами. Реактор для очищення глюкозних і патокових сиропів використовується в паточно-крохмальній промисловості. Це вертикальна циліндрична ємність 1 зі сферичною кришкою і днищем, об'ємом до 8 м³. У нижній частці реактора впроваджені решітки 2. На решітку насипають шар дрібного 5 і великого 4 кварцевого піску, а після цього – шар іонообмінної смоли 6. Над смолою існує свобідний об'єм, який забезпечує високе промивання при регенерації і не підпускає винесення зерен смоли в патрубок відведення регенерувального розчину 11.

На очищення сиропу поступає через розподільний апарат 7, цей сироп збирається в приймачі 8 й сходить через штуцер 10.

Гранули смоли в ході застосування руйнуються та вимиваються при регенерації, тому в реактор час від часу додають чисту, свіжу смолу.

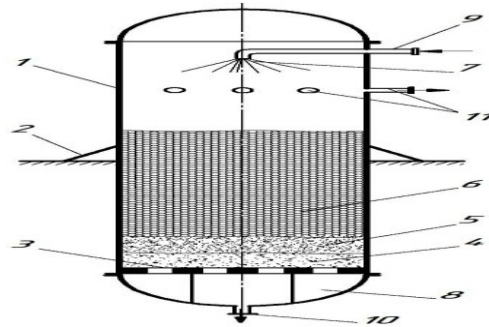


Рис. 3.1. Іонообмінний реактор:

1 – корпус; 2 – опори; 3 – решітка; 4, 5 – дрібнозернисті і крупно кварцевого піску; 6 – іонообмінна смола; 7 – розподільний пристрій; 8 – приймач.

Патрубки:

9 – подача сиропу; 10 – відведення очищеного сиропу; 11 – відведення регенерувального розчину.

DowexHCRS/S– це кислотна катіонообмінна смола, для використання в комерційній, побутових і промислових системах зм'якшення води.

Смола володіє значною обмінною ємністю, що постачає відмінні робочі характеристики та здібність ефективно видаляти солі жорсткості. Продукт фізично, хімічно і термічно стабільний.

Основні переваги:

ефективне очищення води від солей жорсткості завдяки значній обмінній ємності

добра продуктивність фільтру завдяки високій швидкості фільтрації
споживання води та солі на регенерацію - економне

Таблиця 3.3.

Тех. характеристики:

Продукт	Тип	Матриця	Функціональна група
Dowex™ HCR-S/S	Потужний кислотний катіоніт	Стирол- ДВБ	Сульф кислота
Параметр	Значення		
Іонна форма при поставці	Na ⁺		
Повна обмінна ємність, г-екв/л (мін.)	1.9		
Вміст вологи, %	48 - 52		
Кількість цілих гранул, % (мін.)	90		
Щільність гранул, г/мл	1.3		
Насипна вага, г/л	800		

3.2.Рекомендовані умови використання:

максимальна температура при використанні: 120° С

інтервал рН: 0-14

висота шару: 800 мм

швидкість потоків:

– швидка промивка або робочний цикл: 5-50 м/год

– витіснення або прямоточна регенерація: 1-10 м/год

витрата води для промивки загалом: 3-6 об/об

розчин для регенерації: 8-12% NaCl

кількість солі на регенерацію: 100-150 г/л.

3.3. Основні плюси:

- нормальне очищення води від солей жорсткості через високу обмінну ємність
- висока продуктивність фільтру через високу швидкість фільтрації
- довготривала та ефективна роботи протягом 3 років

3.4. Механізм дії

Під час процесу фільтрування води через катіоніт відбудеться підміна іонів жорсткості Ca^{2+} і Mg^{2+} на іони Na^+ .

Заміна іонів магнію і кальцію на іони натрію забезпечує відсутність накипу на нагрівальних площинах теплообмінників та котлів. При пропускання води крізь шар катіоніту кількість іонів натрію зменшується, а к-сть іонів магнію та кальцію, затриманих на смолі, зростає, інакше кажучи катіоніт «виснажується». Через це треба регенерувати, тобто пропустити крізь шар катіоніту розчин хлорид натрію, для того, щоб обмінна здатність катіоніту відновлювалась.

Коли проходить процес регенерації іони магнію та кальцію змиваються в дренаж, в свою чергу катіоніт насичується іонами натрію з розчину солі.

Табл. 3.5. Хіміко-фізичні властивості іонообмінної смоли

Хар-стика іонообмінної смоли	Склад			
	Катіоніти		Аніоніти	
	Структура			
	Г	Мп	Г	Мп
Машинальна міцність, г/зерно	700	1200	400	1200
За перепаду тиску на шарі, кПа	150-200			
Осмотична стабільність, %	95	99	95	99

В таблиці наводяться значення показників механічної міцності та осмотичної стабільності звичайної іонообмінної смоли (Г – гель, МП – макропористі структури).

Іонообмінні смоли представляють собою нерозчинні високомолекулярні з'єднання, і вони здатні вступати у реакції обміну із іонами розчину. Деякі типи іонітів здатні вступати у реакції комплексоутворення, окиснення-відновлення.

Іоніти мають макропористу, гелеву та проміжну структуру.

Іонообмінні смоли володіють більшою активністю, механічною міцністю, хімічною стійкістю, ніж природні й штучні алюмосилікати та сульфувугілля.

Посеред промислових смол надширокого поширення набули смоли на основі дивинилбензола і стиролу. У тому числі - сильнокислотні катіони, слабкі та сильноосновні аніони. Спрямований синтез іонообмінних смол дає змогу створювати матеріали з даними тех. характеристиками.

Підприємництво щироко і давно використовує марки реагентів: катіоніти КУ-2-8, КУ-1, КУ-2-8 НС і аніоніти АВ-17- 8ЧС, АВ-17-8, АН-31, а також зарубіжні аналоги фірм DOWEX (США), PUROLITE (Великобританія), AMBERLITE.

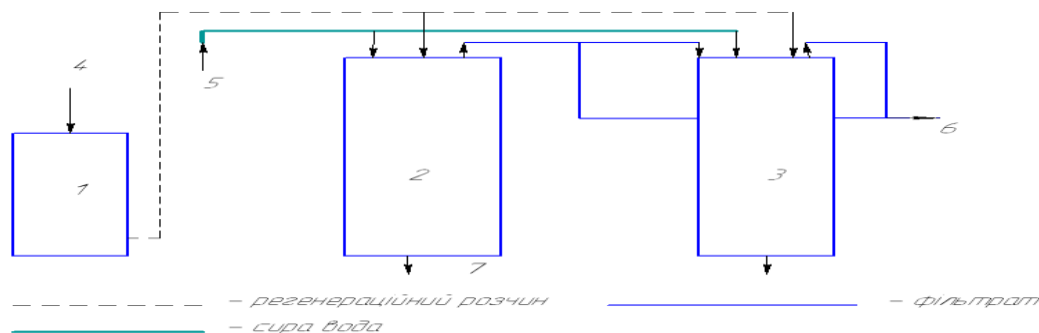


Рис. 3.2 **Схема пом'якшення води:**

1- соляний бак; 2, 3 - натрій-катіонітовий фільтр; 4 - вода для регенераційного розчину; 5 - вхідна вода; 6 - вода на ультрафільтрацію; 7 - відпрацьована вода після регенерації.

4. ОПИС ЗАПРОПОНОВАНОГО ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ

Система зберігання, отримання та розділення води очищеної призначена для цілодобового очищення водопровідної води, задля отримання води очищеної відповідно ДФУ. Після цього вона використовується для виробництва чистої пари, інекційної води, та виробництва твердих лікарських форм, настоянок, сиропів.

Питна вода з міської водопровідної мережі рушитиме на насоси PP1 та PP2. Вони працюють в автом. режимі та підтримують заданий тиск, а саме 4,8 – 5,0 бар. Далі встановлений самопромивний попередній фільтр грубої очистки FR1BWTMULTIPUR, промивка один раз на годину. Після цього вода проходить крізь ультрафіолетову лампу з автом. вимірюванням випромінювання, яка запроваджена для зменшення мікробіологічного навантаження, працює так само в автом. режимі і вмикається при увімкненні станції ультрафільтрації UV1,2,3,4. Потім після ультрафіолетового опромінення вода іде через теплообмінник підігріву води міської на пом'якшувач води ZM1Rondomat 31 DWZ 2400 NT, який в свою чергу пом'якшує воду до жорсткості, але не більше 0,5мг екв/л.

Запропонуємо встановити систему пом'якшення води, що складається з двох іонообмінних колон з об'ємом смоли 2000 літрів, з нижньою подачею води, із спец. Пристроєм, що використовується для розміреного розподілу води, а також єдиним бачком задля регенерації іонообмінної смоли.

Це нововведення дозволить зменшити навантаження на висовартісну систему ультрафільтрування і зворотнього осмосу, підвищити якість очищення води.

Згідно повчань у довідковій літературі, а ще на основі особистого виробничого досвіду, радимо поставити теплообмінник підігріву міської води, який буде застосовано якщо температура води міської нище 15 °С.

НУХТ	<i>Технічне узгодження Житнєцький ІВ.</i>	ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i>	<i>Розробник документа Габданний О.С.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i>	200395.ДП.4.1001				
<i>Габданний О.С.</i>	<i>Документ затверджено Габдан О.М.</i>	ОПИС ЗАПРОПОНОВАНОГО ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ	<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова ІІА</i>	<i>Архиш 18</i>	

5. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

1. На головні Na-катионові фільтри з регенерацією доходить вода з деякими показниками:

$$Ж_0 = 6 \text{ мг-екв/дм}^3$$

$$Na^+ = 7,5 \text{ мг-екв/дм}^3$$

$$\Sigma \text{ Кат} = Ca^{2++} Mg^{2++} Na^+ = 6 + 7,5 = 13,5 \text{ мг-екв/дм}^3$$

2. Вслід обробки цієї води на Na-катионітових фільтрах вода має склад:

$$Ж_0 = 0,5 \text{ мг-екв/дм}^3$$

$$Na^+ = 0,25 \text{ мг-екв/дм}^3$$

$$\Sigma \text{ Кат} = Ж_0 + Na^+ = 0,5 + 0,25 = 0,75 \text{ мг-екв/дм}^3$$

5.1. Розрахунок Na-катионного фільтру.

Дозволена швидкість фільтрування для натрій – катионних фільтрів - 30...60 м/год.

1. При цій продуктивності іонування на етапі проектування оцінюється неминуча площа фільтрування:

$$F = Q_H / w = 2 / 45 = 0,04 \text{ м}^2,$$

де w - стрімкість фільтрування натрій-катионітових очисників в схемі пом'якшення.

2. Стрімкість фільтрування є одним із найважливіших даних ходу фільтрування. Збільшення швидкості викликає до зростання продуктивності фільтра, але збавляє міжрегенарційний етап, збільшуючи час на регенерацію, відмивання, розпушування. Перебільшене зростання швидкості призводить до зросту опору та затрати напору фільтра.

Беремо швидкість фільтрування на Na-катионіровання рівною $w = 45$ м/год.

НУХТ	<i>Технічне узгодження Житнєцький ІВ.</i>	ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i>	<i>Розробник документа Габданний О.С.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i>	200395.ДП.4.1001			
<i>Габданний О.С.</i>	<i>Документ затверджено Габдан О.М.</i>	РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА	<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова ІІА</i>	<i>Архиш 19</i>

3. З наявних стандартних фільтрів беремо фільтр з площею очищення $f=0,78 \text{ м}^2$.
4. Потрібна кількість фільтрів «а», що перебувають в роботі в цьому ступені іонурованія, визначається виразом:

$$a=F/f=0,04/0,78 \approx 1$$

Приймаються до установки в вторинному ступені іонурованія 1 фільтр, у якого:

діаметр- $D=800 \text{ мм}$;

площа фільтрування- $F=0,78 \text{ м}^2$;

висота шару завантаження- $H_{сл}=2 \text{ м}$.

5. Визначається кількість солей жорсткості, що відфільтровуються:

$$A=24 \cdot Ж_о \cdot Q_{Na}=24 \cdot 0,6 \cdot 2=28,8 \text{ г-екв/доб},$$

де $Ж_о$ – валова жорсткість води, що поступає на фільтр г-екв/м³.

6. Марки завантажених катіонів вибираються відповідно до характеристик.

Таблиця 5.1. Значення обмінної здатності катіонітів.

Катіоніт	Розмір зерен, мм	Повна обінна ємність, г-екв/м ³
Сульфовуголь	0,3...0,8	550
Сульфовуголь	0,5...1,5	500
Катіоніт КУ-2	0,8...1,2	1700

Приймаємо в якості фільтруючого продукту сульфовуголь з подальшими технологічними характеристиками:

Епол сульфовугілля в Н-формі, г-екв/м³-550;

Розмір зерен, мм-0,3...0,8.

7. Робоча обмінна здібність катіоніту при натрій-катіонуванні визначається з рівняння:

$$E_p=\alpha\beta E_n - 0,5qЖ_о=0,94 \cdot 0,62-0,5 \cdot 350 \cdot 6=250 \text{ г-екв/м}^3,$$

де α -коефіцієнт ефективності регенерації натрій-катіоніту.

Питома затрата кухонної солі NaCl на регенерацію q_c визначається відповідно до даних, та є для фільтрів $q_c=350$ г/г-екв

Таблиця 5.2. Технічні дані для розрахунку натрій-катионових фільтрів.

Показник	Фільтр I Ступеню	Фільтр II Ступеню
1	2	3
Висота слою катіоніту, м	2...2,5	1,5
Розмір зерен катіоніту, мм	0,5...1,1	0,5...1,1
Швидкість фільтрування	25 (35)	40 (50)
до 5		
до 10	15 (25)	—
до 15	10 (20)	—
Розпушування катіоніту: інтенсивність, л/(м ² ·с)	4 (3)	4 (3)
тривалість, хв	30 (15)	30 (15)
Витрати кухонної солі на регенерацію одного фільтру:		
до 5	100...120	
до 10	120...200	
до 15	170...250	300...400
до 20	200...300	
Концентрація регенераційного розчину, %	5...8	8...12

Швидкість пропуску регенераційного розчину, м/год	...4	3...5
Робоча обмінна здатність сульфовугля, г-екв/м ³	По формулі (2,9)	250...300
Відмивання катіоніту від продуктів регенерації	:	
— швидкість пропуску, відмив очної води через катіоніт, м/год		
— витрата відмивочної води, м ³ /м ³ , при завантаженні фільтра:	6...8	6...8
— сульфовуглем	4	6
— катіонітом КУ-2	6	8
Загальна регенерація фільтрів, год, при завантаженні фільтра:		
— сульфовуглем	2	2,5...3,5
— катіонітом КУ-2	3...4,5	3,5...5,0

По властивій витраті солі q_c визначається α -коефіцієнт ефективності відновлення, що вступає у вираз для визначення робочої обмінної ємності.

При прийнятій питомій витраті солі ($q_c=350$ г/г-екв) коефіцієнт ефективності регенерації приймається, та становить $\alpha=0,94$.

Таблиця 5.3. Визначення коефіцієнту ефективності регенерації.

Витрата солі q _c , екв г/г-	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
α	0.62	0.64	0.67	0.69	0.72	0.74	0.75	0.77	0.78	0.80	0.81
Витрата солі q _c , г/гекв	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310
α	0.82	0.83	0.84	0.85	0.87	0.87	0.88	0.88	0.89	0.90	0.91
Витрата солі q _c , г/гекв	320	330	340	350	—	—	—	—	—	—	—
α	0.92	0.92	0.93	0.94	—	—	—	—	—	—	—

В вираз впливає коефіцієнт β, що враховує зниження обмінної ємності катіоніту по Ca²⁺ та Mg²⁺ за рахунок деякого часткового затримання катіонів Na⁺, що вибирається відповідно до даних.

Коефіцієнт зниження обмінної ємності катіоніту.

C ₂ Na/Жо	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.1
β	0.93	0.92	0.91	0.89	0.88	0.87	0.86	0.85	0.84	0.83
C ₂ Na/Жо	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2
β	0.8	0.77	0.73	0.70	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65	0.62
C ₂ Na/Жо	3	4	5	6	7	8	9	10	—	—
β	0.60	0.57	0.54	0.53	0.52	0.52	0.51	0.50	—	—

8. Попри цього число регенерацій натрій-катіонових очисників складає:

$$n = A / (f \cdot \text{Нсл} \cdot \text{Енр}) = 28,8 / (0,78 \cdot 2 \cdot 250) \approx 1 \text{ раз на добу}$$

9. З'ясуємо витрату 100% кухонної солі на одну регенерацію очисників:

$$Q_k = (q_k \cdot f \cdot \text{Нсл} \cdot \text{Енр} \cdot a) / 1000 = (150 \cdot 0,78 \cdot 2 \cdot 250 \cdot 2) / 1000 = 117 \text{ кг,}$$

де q_k-питома затрата кухонної солі, що становить 150 г/г-екв;

а-кількість фільтрів.

10. При цьому затрати тех. 93% кухонної солі на одне відновлення визначимо за формулою:

$$Q_{к.т} = (Q_k \cdot n \cdot 100) / (c \cdot 1000) = (117 \cdot 1 \cdot 100) / (93 \cdot 1000) = 0,12 \text{ т/добу},$$

де c – вміст NaCl в технічній солі.

11. Затрати тех. солі за місяць буде складати:

$$Q_{к.т} = 0,12 \cdot 30 = 2,8 \text{ т/місяць}$$

12. Затрата води на одне відновлення фільтра складається з:

а) затрати води на промивання та розпушування фільтра:

$$Q_{роз} = (i \cdot f \cdot 60 \cdot t_{роз}) / 1000 = (4 \cdot 0,78 \cdot 60 \cdot 30) / 1000 = 5,5 \text{ м}^3,$$

де i -потужність розпушувань промивання, яка приймається:

$i=4 \text{ л/(с} \cdot \text{м}^2)$ при $t=20 \text{ }^\circ\text{C}$ та $d=1 \text{ мм}$;

$t_{роз}$ -час розпушування промивання, який визначається:

$t_{роз}=30 \text{ хв.}$

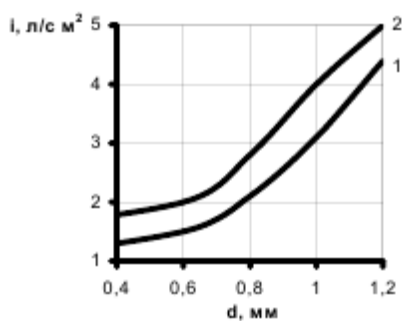
б) затрати води на приготування відновлювальних розчинів, м^3 , приймаються за формулою:

для сульфовугля:

$$Q_{р.р} = (Q_k \cdot 100) / (1000 \cdot b \cdot \rho_{р.р}) = 12,3 \cdot 100 / 1000 \cdot 1,5 \cdot 1 = 0,82 \text{ м}^3,$$

де b -концентрація регенераційних розчинів, %, яка при завантаженні сульфовуглем приймається рівною 1,5...2%

$\rho_{р.р}$ - щільність відновлювальних розчинів приймається згідно з даними.



Графік для визначення необхідної потужності та інтенсивності розпушування катіоніту в залежності від діаметру зерен катіоніту:

1-при температурі 5 °С; 2-при температурі 20 °С.

в) затрати води на відмивання катіоніту від продуктів відновлення складатимуть:

$$Q_{\text{від}} = q_{\text{від}} \cdot f \cdot N_{\text{слою}} = 10 \cdot 0,76 \cdot 1,5 = 11,4 \text{ м}^3$$

Затрата води на одне відновлення складається з наступних складових:

$$Q_{\text{н}} = (Q_{\text{роз}} + Q_{\text{р.р.}} + Q_{\text{від}}) \cdot a = (5,5 + 0,82 + 11,4) = 35,4$$

Середньогодинна витрата на власні потреби Na-катіонових фільтрів:

$$Q_{\text{с.н}}(\text{ час }) = 35,4 / 24 \approx 1,5 \text{ м}^3/\text{год}$$

5.2. Розрахунок механічного фільтру.

1. Середньогодинне навантаження на фільтр такого типу:

$$Q_{\text{мех}} = 24 + 1,5 = 25,5 \text{ м}^3/\text{год}$$

2. Швидкість фільтрування механічних фільтрів 10...12 м/год, завантажений фільтр піском розмір зерен якого 0,5-1,2 мм.

3. Площа фільтрування:

$$F = 25,5 / 10 \dots 25,5 / 1,2 = 2,5 \dots 2,125 \text{ м}^2$$

4. Із стандартного ряду фільтрів обираємо:

Діаметр- $D=2000$ мм;

Площа фільтрування- $f=3,1$ м².

Таблиця 5.5. Площа фільтрування стандартних фільтрів.

Діаметр фільт- ра Ду, мм	700	1000	1500	2000	2600	3000	3400
Площа фільтрування $f_{\text{ф}}$, м ²	0.39	0.76	1.72	3.1	5.2	6.95	9.1

4. Кількість фільтрів – 1.

5. Нормальна швидкість фільтрування:

$$w_H = Q_{\text{мех}} / (f) = 25,5 / 3,1 = 8,2 \text{ м/год}$$

5.3. Конструктивний розрахунок

Вихідні дані:

Продуктивність апарату $Q = 2$ т/год;

Радіус кришки апарату $R_K = 1,5$ м;

Тиск в апараті $P_H = 0,6$ Мпа;

Діаметр апарату $D = 0,8$ м;

Густина рідини $\rho = 998$ кг/м³;

Час накопичення рідини в апараті – 1 година.

Геометричні розміри іонообмінного фільтр

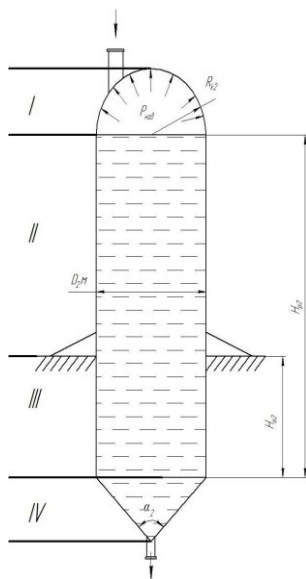


Рис. 5.2. Геометричні розміри іонообмінного апарату.

На схемі апарата виділити характерні його зони виходячи із умови однаковості зовнішнього навантаження та геометричної форми:

зона I – сферична кришка, навантажена внутрішнім надлишковим

тиском газу; зона II – частина циліндричної обичайки апарата від місця стику із сферичною кришкою до рівня рідини. Ця зона перебуває під впливом тільки внутрішнього надлишкового тиску газу; зона III – частина циліндричної обичайки апарата від рівня рідини до рівня опор кріплення апарата. Ця зона навантажена як внутрішнім надмірним тиском газу над рідиною в апараті, так та гідростатичним тиском самої рідини; зона IV – частина циліндричної обичайки апарата від рівня опор кріплення апарата до рівня його стику із конічним днищем. Ця зона навантажена внутрішнім надлишковим тиском газу та масою всієї рідини, що міститься в апараті;

зона V – конічне днище, навантажене внутрішнім надлишковим газовим тиском та масою всієї рідини, що міститься в апараті.

5.4. Розрахунок напружень у зоні I.

Зона та включає в себе кришку апарата, яка являє собою сегмент сфери $R_{\text{сф}}=1500$ мм. Ця зона навантажена тільки надлишковим внутрішнім тиском газу $P_{\text{над}}=0,6$ МПа. Як відомо, в усіх діаметральних перерізах сферичної оболонки меридіональні та колові напруження однакові та за рівномірного зовнішнього навантаження можуть бути знайдені за виразом:

$$\sigma_k = \sigma_m = \frac{P_{\text{над}} R_{\text{сф}}}{2S_{\text{сф}}} = \frac{0,6 \cdot 1,5}{2S_{\text{сф}}} = \frac{0,45}{S_{\text{сф}}} - \text{колові та меридіальні напруження в}$$

зоні та будуть [МПа], $S_{\text{сф}}$ - товщина сферичної кришки.

Матеріал 12Х21Н5Т – стійка до корозії сталь, яка має механічні показники $\sigma=37,5$ МПа, отже:

$$S_{\text{ф}}=0,45/\sigma=0,45/37,5=0,012 \text{ м}$$

5.5. Розрахунок напружень у зоні II.

Відсікаємо частину апарата по даній зоні коловим перерізом 1–1 та відкидаємо нижню частину. Дію відкинутої частини апарата на ту, що залишилася, замінюємо дією меридіональних сил N_M .

У цьому випадку частина апарата, що залишилася, перебуває у стані рівноваги.

На розглядовану частину апарата діють такі сили:

зовнішня сила P – внутрішнього надлишкового газового тиску $P_{\text{над}}$; внутрішня сила N_M – пружності матеріалу стінки оболонки, тобто сила дії на розглядовану частину апарата другої його частини, відсіченої перерізом 1–1 та відкинутої.

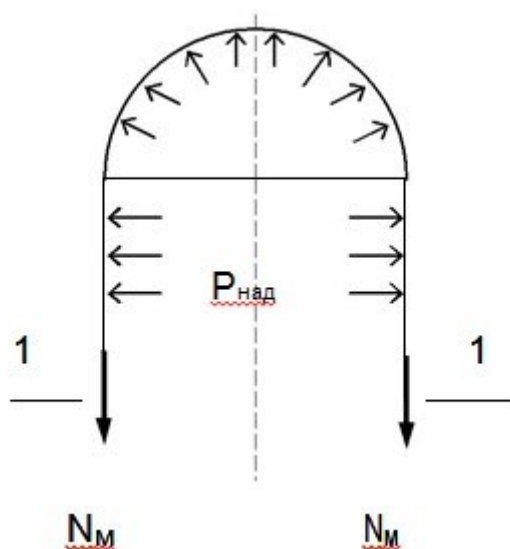


Рис. 5.3. Дія сил.

У зв'язку з тим, що геометрична форма та умови навантаження по довжині зони не змінюються, то очевидно, що головні напруження в зоні II не залежать від вибору місця перерізу та залишаються постійними.

Колові напруження у даній зоні можуть бути визначені за рівнянням Лапласа:

$$\frac{\sigma_M}{\rho_M} + \frac{\sigma_K}{\rho_K} = \frac{R}{S}, \text{ оскільки}$$

$$\rho_M = \infty,$$

$$\rho_K = \frac{1}{2}D,$$

$$P = P_{\text{над}},$$

$$\sigma_K = \frac{P_{\text{над}} \frac{1}{2}D}{S_K} = \frac{0,6 \frac{1}{2} 0,8}{S_K} = \frac{0,24}{S_K}$$

Для визначення меридіальних напружень σ_M складемо рівняння рівноваги відсіченої зони в проекціях сил на вертикальну вісь: $P - N_M = 0$, де P – сумарна зовнішня сила надлишкового тиску;

N_M – сумарні внутрішні сили пружності.

Визначимо значення діючих сил.

Зовнішня сила внутрішнього надлишкового тиску дорівнює:

$$P = SP_{\text{над}} = \frac{\pi D^2}{4} P_{\text{над}},$$

де S – геометрична площа перерізу.

Внутрішні меридіональні сили N_M визначаємо за діючим в перерізі 1–1 меридіональним напруженням σ_M :

$$N_M = \sigma_M \pi D S_K,$$

де πD – довжина перерізу циліндра;

S_K – товщина стінки циліндра.

Підставимо значення діючих сил в рівняння рівноваги та одержимо:

$$\frac{\pi D^3}{4} P_{\text{над}} - \sigma_{\text{м}} D S_{\phi} = 0,$$

$$\sigma_{\text{м}} = \frac{D P_{\text{над}}}{4 S_{\phi}},$$

$$\sigma_{\text{м}} = \frac{0,8 \cdot 0,6}{4 S_{\phi}} = \frac{0,24}{S_{\phi}}$$

Матеріал 12Х21Н5Т – стійка до корозії сталь, яка має механічні показники $\sigma=37,5$ МПа, отже:

$$S_{\phi}=0,24/\sigma=0,24/37,5=0,01 \text{ м}$$

5.6.Розрахунок напружень у зоні III.

Зона III бере в себе ділянку циліндричної обичайки приладу, неперемінну за своєю геометричною фігурою та навантажену також незмінними за власним характером зовнішніми силами. Особливість навантаження зовнішніми силами на цій ділянці полягає також в несхожості зовнішніх сил, що орудують в коловому та меридіональному перерізах.

У меридіональному перерізі цієї зони діють ось такі зовнішні сили:

- внутрішнього надлишкового газового тиску;

гідростатичного тиску рідини, що міститься над ступенем перерізу оболонки, в якому видаються напруження.

Задані сили спричиняють появлення внутрішніх колових сил пружистості, які будуть мінятися залежно від зміни величини гідростатичного тиску речовини, що міститься над перерізом.

У коловому перерізі, що проводиться перпендикулярно до осі симетрії приладу, ззовні оболонки діє тільки сила внутрішнього надмірного газового тиску, яка прагне розірвати пристосування вздовж осі та визиватиме в коловому перерізі меридіональні напруження. Опора апарата розміщується нижче, ніж розглядувана

зона, гідростатичний тиск рідини у апараті таких напружень не витребує, бо не робить зовнішньої осьової сили.

Ясно, що колові напруження у даній зоні будуть змінюватись по довжині півки, бо одна з зовнішніх діючих сил нестала в осьовому напрямку. Меридіональні напруження будуть рівні і постійні меридіональним напруженням зони II.

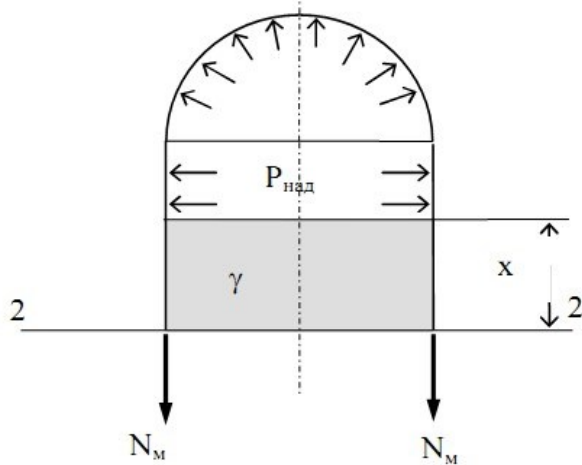


Рис. 5.4. Схема відсічена на рівні x від рівня поверхні рідини.

Колові напруження можуть бути визначені рівнянням Лапласа, де варто узяти до уваги загальну дію газового тиску $P_{над}$ та гідростатичний тиск рідини, що рівняється:

$$P_p = x \cdot \gamma$$

Колові напруження в перерізі будуть дорівнювати:

$$\sigma_{ки} = \frac{(P_{над} + P) \frac{1}{2} D}{4 S_{\phi}} = \frac{(P_{над} + \gamma x) \frac{1}{2} D}{S_{\phi}}$$

У даному разі значення x буде змінюватися у межах від $H_{рід}$ до H_y . Найбільшого значення зовнішнє зусилля добиватиметься на ступені кріплення опор, а саме:

$$R_H + R_P = R_H + (H_{рід} - H_y) \gamma = 0,6 + (2 - 0,9) \cdot 1,17 \cdot 10^4 = 0,19 \text{ МПа}$$

За такого ступеня зовнішніх напружень колові напруження доберуться значення:

$$\sigma_{\text{нат}} = \frac{(P_{\text{нат}} + P) \frac{1}{2} D}{S_y} = \frac{0,19 \cdot 0,5 \cdot 0,8}{S_y} = \frac{0,076}{S} \text{ МПа}$$

Меридіональні напруження з'ясовують з умови рівноваги відсіченої зони.

Зробимо рівняння рівноваги чинних на відсічену зону сил в проєкціях на вісь x-x: $P = N_M = 0$.

Вирахуємо меридіальне напруження у зоні III, МПа:

$$\sigma_M = \frac{P_{\text{нат}} D}{4S_y} = \frac{0,6 \cdot 0,8}{4S_y} = \frac{0,48}{S_y}$$

5.7. Розрахунок напруженості в зоні IV

Колові напруження визначають за виразом:

$$\sigma = \frac{(P_{\text{нат}} + P_{\text{рід}}) \frac{1}{2} D}{S_y} = \frac{(P_{\text{нат}} + x\gamma) \frac{1}{2} D}{S_y},$$

-де x змінюється від $(H_{\text{рід}} - H_y)$ до $H_{\text{рід}}$.

Мін. значення колових напружень в перерізі при $H_{\text{рід}} - H_y$ потрібно збігтись з їх макс. значенням в зоні III.

Макс. значення колових напружень в зоні IV буде у перерізі при $x = H_{\text{рід}}$ і буде, Па:

$$\sigma_x = \frac{(P_{\text{нат}} + H_{\text{рід}} \cdot \gamma) \frac{1}{2} D}{S_y} = \frac{(0,6 + 2,0 \cdot 117 \cdot 10^4) \cdot 0,5 \cdot 0,8}{S_y} = \frac{0,936 \cdot 10^4}{S_y}$$

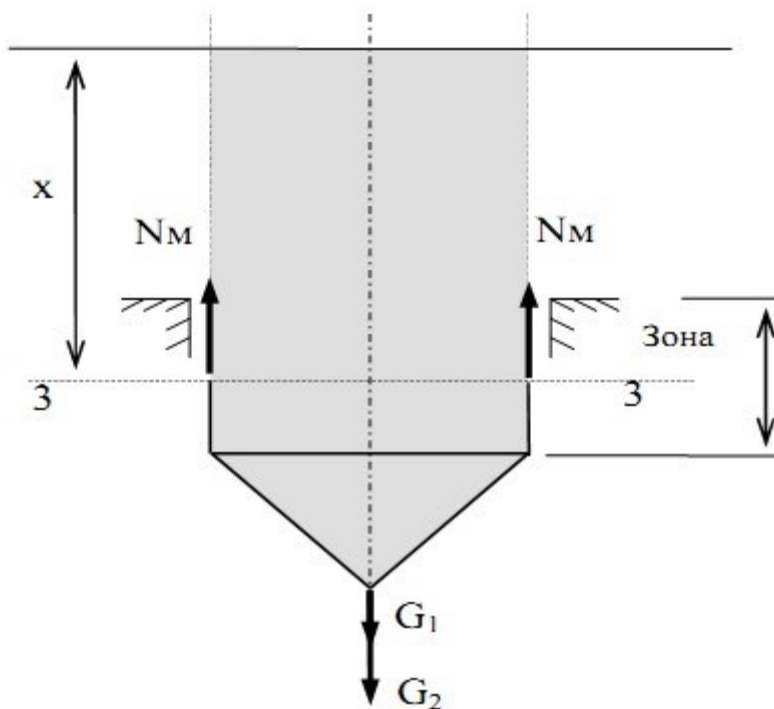


Рис. 5.5. Схема напруженості в зоні IV.

Для визначення меридіональних напружень складемо рівняння рівноваги відсіченої елементи оболонки, для чого опрацюємо цілі зовнішні діючі сили. На відсічений фрагмент діють:

- тиск газу, що перебуває над рівнем рідини;
- гідростатичний тиск рідини, що перебуває над рівнем перерізу;
- маса рідини, що перебуває нижче ступеня перерізу (масою матеріалу оболонки нехтуємо).

Внутрішніми силами фігуруватимуть тільки меридіональні сили пружності, розмір яких вираховується виразом:

$$N_M = \sigma_m \pi D S_{\text{ц}}$$

Вираховуємо зовнішні сили.

Сила внутрішнього газового тиску має вигляд:

$$P_1 = P_{\text{газ}} \frac{\pi D^2}{4}$$

Сила гідростатичного тиску рідини, що знаходиться над перерізом:

$$P_2 = x\gamma \frac{\pi D^2}{4}$$

Маса рідини, яка знаходиться нижче перерізу утворює сили:

- в циліндричному елементі оболонки:

$$G = (H_{\rho_{\text{вод}}} - x)\gamma \frac{\pi D^2}{4}$$

в кінцічному елементі оболонки:

$$G = \frac{1}{12} \pi D^2 H_x \gamma$$

Зробимо рівняння рівноваги відсіченого фрагмента оболонки:

$$N_M - (P_1 + P_2 + G_1 + G_2) = 0$$

Вставимо вирази в це рівняння:

$$\sigma_x \pi D S_y - P_{\text{вод}} \frac{\pi D^2}{4} - x\gamma \frac{\pi D^2}{4} - (N \rightarrow) \gamma \frac{\pi D^2}{4} - \frac{1}{12} \pi D^2 H_{\rho_{\text{вод}}} \gamma = 0,$$

$$\sigma_x \pi D S_y - P_{\text{вод}} \frac{\pi D^2}{4} - \gamma H_{\rho_{\text{вод}}} \frac{\pi D^2}{4} - \frac{1}{12} \pi D^2 H_{\rho_{\text{вод}}} \gamma = 0,$$

$$\sigma_x = \frac{\frac{D}{4}(P_{\text{вод}} + \gamma H_{\rho_{\text{вод}}}) + \frac{D}{12} H_{\rho_{\text{вод}}} \gamma}{S_y},$$

$$\sigma_x = \frac{\frac{0,8}{4}(0,6 + 1,14 \cdot 10^4 \cdot 5) + \frac{0,8}{12} 1,2 \cdot 1,17 \cdot 10^4}{S_y} = \frac{0,1385 \cdot 10^4}{S_y} \text{ МПа}$$

5.8. Обчислення напруженості в зоні V.

Обчислимо геом. виміри конуса в перерізі 4-4:

- радіус кола в перерізі:

$$r_x = x \operatorname{tg} \alpha, \operatorname{tg} \alpha = 0,5D/1,2 = 0,5 * 0,8/1,2 = 1,042, r_x = 1,042x,$$

$$R_x = \frac{r_x}{\sin \beta} = \frac{r_x}{\cos \alpha} = \frac{1,042x}{0,85} = 1,22x$$

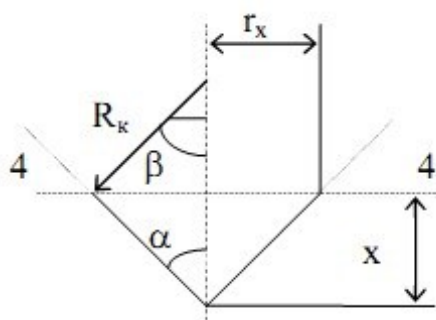


Рис. 5.6. Відсікаємо частку оболонки в цій зоні кільцевим перерізом на дистанції x від вершини конуса і відкидаємо верхні фрагмент оболонки.

Зовнішні навантаження, що викликають в продукті стіни конічного днища кільцеві напруження, що діють у зоні IV, такі:

- внутрішній зайвий тиск газу $P_{\text{над}}$;
- гідростатичний тиск рідини, має вигляд:

$$P_{\text{рід}} = (H_{\text{рід}} + H_k - x)g$$

Колові навантаження обчислюємо виходячи з рівня Лапласа.

Беручи до уваги, що ρ - нескінченість і $\rho_k = R_k$ та що P показує собою суму зовнішніх навантажень, маємо:

$$\sigma_{\text{м}} = \frac{(P_{\text{над}} + P_{\text{рід}})R_k}{S_k}$$

На відсічену частинку оболонки діють деякі зовнішні сили:

- сила надлишкового тиску газу P над поверхнею рідини в апараті, що має вигляд $P_{\text{над}}\pi r^2$;
- сила гідростатичного тиску рідини, яка в оболонці над рівнем перерізу :

$$[H_{\text{рід}} + (H - x)]\rho\pi r^2.$$

Маса рідини, що знаходиться у відсіченій частинці конуса, створює силу:

$$G_3 = \frac{1}{3} \pi r_x^2 x \gamma$$

Колові – напруження дістають свого макс. напруження у основі конуса при $x=H_k$:

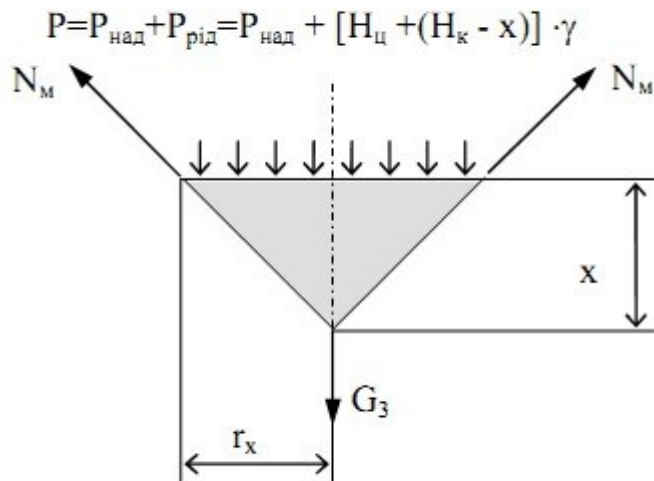


Рис. 5.7. Для обчислення меридіональних напружень розглянемо сили, що мають вплив на відсічену кільцевим перерізом частинку оболонки

$$\sigma_x = \frac{(P_{\text{над}} + H_{\text{рід}} \gamma) 1,22 H_k}{S_x} = \frac{(0,16 \cdot 10^6 + 5,0 \cdot 1,17 \cdot 10^4) 1,22 \cdot 1,2}{S_x} = \frac{0,32}{S_x} \text{ МПа}$$

Внутрішніми силами, що діють на відсічену частину, є сили пружності продукту оболонки:

$$N_M = \sigma_M 2\pi S_k r_x$$

Підберемо значення у рів-ня рівноваги:

$$\sigma_M \cdot 2\pi \cdot r \cdot S_k \cos \alpha - P_{\text{над}} \pi r_x^2 - [H_{\text{рід}} + (H_k - x)] \gamma \pi r_x^2 - \frac{1}{3} \pi r_x^2 x \gamma = 0,$$

$$\sigma_M = \frac{r_x \left[P_{\text{над}} + H_{\text{рід}} \gamma + (H_k - x) \gamma + \frac{1}{3} x \gamma \right]}{2 S_k \cos \alpha},$$

$$\sigma_M = \frac{1,042 \cdot 1,2 \left(0,16 \cdot 10^6 + 5 \cdot 1,17 \cdot 10^4 + \frac{1}{3} \cdot 1,2 \cdot 1,17 \cdot 10^4 \right)}{2 \cdot 0,85} = 0,215 \text{ МПа}$$

Отже, товщина стінки в сферичних частинках дорівнює 12 мм, а в циліндричних - 10 мм.

5.9. Розрахунок опор іонообмінної колонки.

Маса вертикального апарату складає: 4700 кг. Апарат встановлюватиметься на бетонний фундамент ($[\sigma_{\phi}] = 2 \times 10^6$ Па).

Загальна поверхня опор дорівнює:

$$F = \frac{4700 \cdot 9,81}{2 \cdot 10^6} = 0,023 \text{ м}^2$$

К-сть опор $n=3$.

Площа однієї опори: $F_0 = 0,023/3 = 0,0077 \text{ м}^2$

Навантаження на одну опору: $G = 4700 \cdot 9,81/3 = 15369 \text{ Н}$

Опори виготовлятимуться зі сталі Ст.3 для якої за даними умовами допустиме напруження при стисканні можна прийняти рівним допустимому напруженню при розтягуванні, тобто:

$$[\sigma_{\text{ст}}] = 100 \text{ МПа} = 100 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Кожна опора виготовляється з двома ребрами. Відношення вильоту опори до її ширини $a:c=0,8$. Тоді:

$$a = 0,8c,$$

$$0,8c^2 = 0,0077,$$

$$c = \sqrt{\frac{0,0077}{0,8}} = 0,098 \text{ м},$$

$$a = 0,8 \cdot 0,098 = 0,0784 \text{ м}$$

Приймає довжини $c=0,15 \text{ м}$, $a=0,12 \text{ м}$.

Відстань між стінкою апарату та полицею опори приймаємо $0,01 \text{ м}$.

Тоді $A=0,12+0,01=0,13$ м

Висота опори: $H=2 \cdot A=2 \cdot 0,13=0,26$ м

6. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

6.1. Підбір заготовки та розрахунок припусків.

В якості заготовки вибираємо виливок виконаний литтям в кокіль.

Розрахунок валового припуску заготовки ведемо за найточнішим форматом $\varnothing 80h7$.

– Припуск на чистове точіння (мін. припуск для обробки поверхні – двохсторонній):

$$2Z_{\min} = 2 \cdot (R_{Z3} + D_3 + \sqrt{T_{\text{пр}3}^2 + \varepsilon_{y4}}),$$

$T_{\text{пр}3} = 0$, $\varepsilon_{y4} = 0$ – сумарне значення просторових погрешностей і похибка установки

$$2Z_{\min} = 2 \cdot (20 + 20) = 80, \text{ мкм}$$

– Припуск на чистове точіння (макс. припуск для обробки поверхні – двохсторонній):

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + T_1 - T_2, \text{ мкм}$$

$$2Z_{\max} = 80 + 200 - 30 = 250 \text{ мкм}$$

- Номінальний припуск для обробки поверхні:

$$2Z_{\text{ном}} = \frac{2Z_{\min} + 2Z_{\max}}{2} = \frac{80 + 250}{2} = 165 \text{ мкм}$$

НУХТ	<i>Технічне узгодження Житницький І.В.</i>	ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа Годовний О.С.</i>	<i>Розробник документа Годовний О.С.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ	<i>200395.ДП.4.1001</i>			
	<i>Документ затверджено Гавда О.М.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова ІІА</i>	<i>Аркиш 39</i>

Коефіцієнт застосування матеріалу:

$$K_m = \frac{M_{дет}}{M_{заг}} = \frac{3,68}{4,6} = 0,8$$

6.2. Маршрутна тех. карта.

№ операції (переходу)	Назва операції (переходу)	Технологічне обладнання, пристрої, інструмент, інструмент	обладнання, оброблюваний контрольний інструмент
10	Заготівельна		
10.1	Відлити заготовку з припусками немеханічну обробку	Лиття в кокіль	
20	Токарна		
20.1	УЗЗ Торцювати пов.1 z=1,25мм	Токарно – гвинторізний верстат 16К20.3–х кулачковий патрон. Різець прохідний відігнутий правий Т15К6, φ =45 , φ1 =90 , β =45	
30	Свердлильна		
30.1	УЗЗ Свердлити отвір під 50Н9, пов.2	Свердлильний верстат 2Н125, зажим, оправка, упор. Свердло 48,7 , Р6М5	
30.2	Зенкерувати отвір під 50Н9, пов.2	Зенкер 49,75 , Р6М5	

30.3	Розвернути отвір під 50Н9, пов.2	Розвертка 50Н9, Р6М5, калібр пробка 50Н9
30.4	Свердлити отвір під 30Н9, пов.3	Свердло 28 , Р6М5
30.5	Зенкерувати отвір під 30Н9, пов.3	Зенкер 29,5 , Р6М5
30.6	Розвернути отвір під 30Н9, пов.3.	Розвертка 30Н9, Р6М5, калібр пробка 30Н9
30.4	Свердлити отвір під 30Н9, пов.4	Свердло 28 , Р6М5
30.5	Зенкерувати отвір під 30Н9, пов.4	Зенкер 29,5 , Р6М5
30.6	Розвернути отвір під 30Н9, пов.4.	Розвертка 30Н9, Р6М5, калібр пробка 30Н9

6.3.Розрахунок режимів різання.

20. Токарна

20.1 Торцювати поверхню 1

- Глибина різання:

$$t = 1,25 \text{ мм}$$

Вибираємо подачу: $S = 0.4 \dots 0.5 \text{ мм/об}$, приймаємо $S = 0.5 \text{ мм/об}$.

З табл. 20 вибираємозалежність для визначення швидкості різання і визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_V}{T^{0.2} \cdot t^{0.15} \cdot S^{0.35}} = \frac{463}{60^{0.2} \cdot 1.25^{0.15} \cdot 0.5^{0.35}} = 252 \text{ м/хв}$$

де: $T = 60$ хв.

- Необхідна частота оборотів шпинделя верстата:

$$n_e = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_3} = \frac{1000 \cdot 252}{3,14 \cdot 196} = 409 \text{ об/хв}$$

Згідно методичці 3021, обираємо перше менше значення $n_B = 350$ об/хв.

- Істинна швидкість різання:

$$V_o = \frac{\pi \cdot D_3 \cdot n_e}{1000} = \frac{3,14 \cdot 196 \cdot 350}{1000} = 215 \text{ м/хв}$$

- Розрахункова довжина для того, аби обробити:

$$L = 98 + 2 = 100 \text{ мм}$$

- Основний час для здійснення переходу:

$$f_o = \frac{L}{n_e \cdot S} = \frac{100}{350 \cdot 0.5} = 0,6 \text{ хв}$$

- Допоміжний час:

$$t_o = t_1 + t_2 = 0.11 + 0.1 = 0.21 \text{ хв}$$

30. Свердлильна

30.1 Свердлити отвір під 50Н9

- Глибина різання

$$t = \frac{d_s - d_{ce}}{2} = \frac{48,7 - 46}{2} = 1,35 \text{ мм}$$

- Обираємо подачу. Для сталей з $\sigma_B \leq 800$ МПа попри свердлінні отворів $\varnothing 50$ мм представляються подачі 0,45...0,55 мм/об. Беремо $S = 0.5$ мм/об.

- Встановлюємо швидкість різання:

$$V = \frac{18 \cdot d^{0.4}}{T^{0.2} \cdot t^{0.2} \cdot S^{0.5}}$$

$T = 90$ хв – це стійкість свердла.

Отже:

$$V = \frac{18 \cdot 48,7^{0.4}}{90^{0.2} \cdot 1.35^{0.2} \cdot 0.50^{0.5}} = 31 \text{ м/хв}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d_{ce}} = \frac{1000 \cdot 31}{3.14 \cdot 48,7} = 203 \text{ об/хв.}$$

Обираємо $n_B = 200$ об/хв.

- Отже істинна швидкість різання буде:

$$V_D = \frac{\pi d_{ce} n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 48,7 \cdot 200}{1000} = 31 \text{ м/хв.}$$

- Основний час для здійснення переходу:

$$t_{01} = \frac{L}{S \cdot n_B},$$

де $L = l + l_1 + l_2 + l_3$

де $l = 87$ мм – глибина свердління; $l_1 = 2$ мм – розмір на підведення свердла з мех. подачею; $l_1 + l_2 = 7$ мм (табл. 48) – перебіг свердла та додаток на врізання

$$t_{01} = \frac{96}{0.50 \cdot 200} = 0.96 \text{ хв.}$$

- Допоміжний час на перехід

$$t_{\Delta 1} = 0.1 \text{ хв.}$$

30.2 Зенкерування отвору під 50Н9

- Глибина різання

$$t = \frac{d_3 - d_{ce}}{2} = \frac{49,75 - 48,7}{2} = 0,525 \text{ мм}$$

- Обираємо подачу. Для сталей при зенкеруванні отворів Ø 50 мм обираються подачі 1 - 1,3 мм/об. Беремо $S = 1,2$ мм/об.

- Встановлюємо швидкість різання:

$$V = \frac{18,6 \cdot d^{0.3}}{T^{0.3} \cdot t^{0.2} \cdot S^{0.7}}$$

Отже:

$$V = \frac{18,6 \cdot 49.75^{0.3}}{60^{0.3} \cdot 0.525^{0.2} \cdot 1.2^{0.7}} = 17.5$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 17.5}{3.14 \cdot 49.75} = 112 \text{ об/хв.}$$

Обираємо $n_B = 100$ об/хв.

- Отже дійсна швидкість різання буде:

$$V_D = \frac{\pi d n_g}{1000} = \frac{3,14 \cdot 49.75 \cdot 100}{1000} = 15.61 \text{ м/хв.}$$

- Основний час для виконання переходу:

$$t_{01} = \frac{L}{S \cdot n_g},$$

де $L = l + l_1 + l_2 + l_3$

де $l = 87$ мм – глибина свердління; $l_1 = 2$ мм – величина на підведення свердла з мех. подачею; $l_1 + l_2 = 6$ мм.

$$t_{01} = \frac{95}{1.2 \cdot 100} = 0.79 \text{ хв.}$$

- Допоміжний час на перехід

$$t_{\Delta 1} = 0.1 \text{ хв.}$$

30.3 Розвернення отвору під 50Н9

- Глибина різання

$$t = \frac{d_3 - d_{св}}{2} = \frac{50 - 49,75}{2} = 0,125 \text{ мм}$$

- Приймаємо подачу. Рекомендовані подачі 1,2...1,5 мм/об. Приймаємо $S = 1,2 \text{ мм/об}$.

- Обираємо швидкість різання:

$$V = \frac{12 \cdot d^{0.3}}{T^{0.4} \cdot t^{0.2} \cdot S^{0.65}}$$

Тоді

$$V = \frac{12 \cdot 50^{0.3}}{60^{0.4} \cdot 0.125^{0.2} \cdot 1.2^{0.65}} = 10,1$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 10,1}{3.14 \cdot 50} = 64,3 \text{ об/хв.}$$

Беремо $n_B = 60 \text{ об/хв}$.

- дійсна швидкість різання буде:

$$V_D = \frac{\pi d n_g}{1000} = \frac{3,14 \cdot 50 \cdot 60}{1000} = 9,42 \text{ м/хв.}$$

- Основний час задля виконання переходу

$$t_{01} = \frac{L}{S \cdot n_g},$$

$$\text{де } L = l + l_1 + l_2 + l_3$$

де $l = 87 \text{ мм}$ – глибина свердління; $l_1 = 2 \text{ мм}$ – величина на підведення свердла з мех. подачею; $l_1 + l_2 = 45 \text{ мм}$.

$$t_{01} = \frac{135}{1.2 \cdot 60} = 1,8 \text{ хв.}$$

- Допоміжний час на перехід

$$t_{\Delta 1} = 0.1 \text{ хв.}$$

30.4 Свердління отвору під 30Н9

- Глибина різання

$$t = \frac{d_3 - d_{ce}}{2} = \frac{28 - 26}{2} = 1 \text{ мм}$$

- Приймаємо подачу. Для сталей з $\sigma_B \leq 800$ МПа при свердлінні отворів $\varnothing 30$ мм беруться подачі 0,33...0,41 мм/об. Обираємо $S = 0.35$ мм/об.

- Розраховуємо швидкість різання:

$$V = \frac{18 \cdot d^{0.4}}{T^{0.2} \cdot t^{0.2} \cdot S^{0.5}}$$

$T = 50$ хв – це стійкість свердла.

Тоді

$$V = \frac{18 \cdot 28^{0.4}}{50^{0.2} \cdot 1^{0.2} \cdot 0.35^{0.5}} = 52,8 \text{ м/хв}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d_{ce}} = \frac{1000 \cdot 52,8}{3,14 \cdot 28} = 600,5 \text{ об/хв.}$$

Беремо $n_B = 600$ об/хв.

- отже дійсна швидкість різання буде:

$$V_D = \frac{\pi d_{ce} n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 28 \cdot 600}{1000} = 52,75 \text{ м/хв.}$$

- Основний час для виконання переходу

$$t_{01} = \frac{L}{S \cdot n_B},$$

де $L = l + l_1 + l_2 + l_3$

де $l = 12$ мм – глибина свердління; $l_1 = 2$ мм – величина на підведення свердла з механічною подачею; $l_1 + l_2 = 6$ мм.

$$t_{01} = \frac{18}{0.35 \cdot 600} = 0,09 \text{ хв.}$$

- Допоміжний час на перехід

$$t_{\Delta 1} = 0.1 \text{ хв.}$$

30.5 Зенкерування отвору під 30Н9

- Глибина різання

$$t = \frac{d_s - d_{св}}{2} = \frac{29,5 - 28}{2} = 0,75 \text{ мм}$$

- Приймаємо подачу. Для сталей при зенкеруванні отворів $\varnothing 30$ мм - подачі 0,8...1 мм/об. Обираємо $S = 1$ мм/об.

- Розрахуємо швидкість різання:

$$V = \frac{18,6 \cdot d^{0.3}}{T^{0.3} \cdot t^{0.2} \cdot S^{0.7}}$$

де $T = 30$ хв.

Отже:

$$V = \frac{18,6 \cdot 29,5^{0.3}}{30^{0.3} \cdot 0,75^{0.2} \cdot 1^{0.7}} = 20$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 29,5} = 215,9 \text{ об/хв.}$$

Обираємо $n_B = 200$ об/хв.

- Отже дійсна швидкість різання:

-

$$V_D = \frac{\pi d n_s}{1000} = \frac{3,14 \cdot 29,5 \cdot 200}{1000} = 18,5 \text{ м/хв.}$$

- Основний час для виконання переходу

$$t_{01} = \frac{L}{S \cdot n_g},$$

де $L = l + l_1 + l_2 + l_3$

де $l = 12\text{мм}$ – глибина свердління; $l_1 = 2\text{ мм}$ – величина на підведення свердла з мех. подачею; $l_1 + l_2 = 5\text{мм}$

$$t_{01} = \frac{17}{1 \cdot 200} = 0,09\text{хв.}$$

- Допоміжний час на перехід

$$t_{\Delta 1} = 0,1\text{хв.}$$

30.6 Розвернення отвору під 30Н9

- Глибина різання

$$t = \frac{d_z - d_{cv}}{2} = \frac{30 - 29,5}{2} = 0,25\text{мм}$$

- Обираємо подачу. Потрібно вибирати подачі 0,8...1,2 мм/об. Обираємо $S = 1\text{мм/об.}$

- Розрахуємо швидкість різання:

$$V = \frac{12 \cdot d^{0,3}}{T^{0,4} \cdot t^{0,2} \cdot S^{0,65}}$$

де $T = 30\text{ хв.}$

Отже:

$$V = \frac{12 \cdot 30^{0,3}}{30^{0,4} \cdot 0,25^{0,2} \cdot 1^{0,65}} = 11,2$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 11,2}{3,14 \cdot 30} = 118,9\text{об/хв.}$$

Беремо: $n_B = 100\text{ об/хв.}$

- дійсна швидкість різання:

$$V_D = \frac{\pi d n_s}{1000} = \frac{3,14 \cdot 30 \cdot 100}{1000} = 9,42 \text{ м/хв.}$$

- Основний час для виконання переходу

$$t_{01} = \frac{L}{S \cdot n_s},$$

де $L = l + l_1 + l_2 + l_3$

де $l = 12 \text{ мм}$ – глибина свердління; $l_1 = 2 \text{ мм}$ – величина на підведення свердла з мех. подачею; $l_1 + l_2 = 33 \text{ мм}$.

$$t_{01} = \frac{45}{1 \cdot 100} = 0,45 \text{ хв.}$$

- Допоміжний час на перехід

$$t_{\Delta 1} = 0,1 \text{ хв.}$$

Операції 30.7–30.9 аналогічні 30.4–30.6

- Норма часу для абсолютно всієї операції:

$$T_O = \sum_1^i t_{oi} = 0,96 + 0,79 + 1,8 + 0,09 + 0,09 + 0,09 + 0,09 + 0,45 + 0,45 = 4,81 \text{ хв}$$

$$T_\delta = 2 \cdot t_y + \sum_1^i t_{\delta i} = 2 \cdot 0,34 + 0,1 \cdot 9 = 1,68 \text{ хв}$$

де: t_y – допоміжний час на установлення або ж переустановлення, зняття та закріплення деталі.

- Операційний час

$$T_{оп} = T_O + T_\delta = 4,81 + 1,68 = 6,49 \text{ хв}$$

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{од} + T_{мн} = 6,49 + 0,13 + 0,39 = 7,01 \text{ хв}$$

$$T_{п.з.} = 10 + 4 = 14 \text{ хв}$$

$$T_{\kappa} = T_{um} + T_{пз} / n = 7.01 + 14 / 200 = 7,08 \text{ хв}$$

- Норма виробітку за 1 годину $N = \frac{60}{T_{\kappa}} = \frac{60}{7.08} = 8.4 = 8 \text{ деталей}$.

7. ОПИС БЛОКУ УПРАВЛІННЯ (ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ АВТОМАТИЗАЦІЇ)

7.1. Характеристика виробничих процесів як об'єктів автоматизації.

У виробничих умовах об'єктами автоматизації є тех. процес, пристосування машин, в яких варто підтримувати задані значення вимірів або режим роботи. При цьому головна мета автоматизації лежить в тому, щоб застосувавши методи та тех. засоби автоматизації, розглянути схеми керування виробничими процесами – головними підприємства мають вище середнього рівень механізації, а по ряду тех. процесів - високий рівень автоматизації. Часто використовують комплексну та часткову автоматизацію. При частковій автоматизації очікуватиметься автоматизація незв'язаних основних об'єктів керування, що не поєднані між собою.

При комплексній автоматизації очікуватиметься така організація правління виробничим процесом, при якій автоматичні всі допоміжні і основні предмети керування, а ще й координація їх дій.

7.2. Вимоги до системи автоматизації. Критерії управління.

Впроваджувальна система управління технологічним процесом повинна відповідати наступним вимогам:

система повинна підтримувати значення керованих технологічних параметрів у межах допустимих відхилень з метою одержання заданої кількості та відповідної якості готової продукції;

убезпечити надійну роботу об'єктів. Автоматичну сигналізацію та реєстрацію відхилень тех. процесів від номінальних,

НУХТ	<i>Технічне узгодження Житнецький І.В.</i>	ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа Головний О.С.</i>	<i>Розробник документа Головний О.С.</i>	<i>Назва, додаткова назва ОПИС БЛОКУ УПРАВЛІННЯ</i>	<i>200395.ДП.4.1.001</i>			
	<i>Документ затверджено Гавда О.М.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова ІІА</i>	<i>Аркулш 51</i>

накопичення інформації про хід усіх ходів, її оброблення в залежності від алгоритму цільового функціонування з ціллю оптимізації управління.

Здійснення даних умов сприяє введення АСУТП, що при закономірності допускає здійснювати жвавий перехід на новий алгоритм процесу виробництва. Запроектована АСУТП - автоматична система з дистанційно-програмним управлінням.

Пом'якшувач води служить в автомат. режимі, але для його коректної й безперервної, безупинної роботи потрібно постійно слідкувати за ступенем таблетованої солі в сольових бачках. Сіль в таблетках варто засипати по необхідності. Не дозволено допускати ситуацій коли дзеркало води переважитиме рівень таблеток солі. Сольові ємкості зобов'язані бути закриті.

8. ОХОРОНА ПРАЦІ

Головні загрози, що можуть виникнути в ході виробництва в цеху чистих середовищ, це:

- хімічні опіки кислотою, лужними розчинами, перекисом водню і т.п.;
- опіки гарячою водою, розігрітим металом або ж паром;
- падіння людини з висоти, падіння предметів безпосередньо на людину;
- шанс удару електричним струмом від електроустаткування, електропроводів освітлення;
- травми від частин устаткування і механізмів, що обертаються і рухаються;
- засмічення очей частинами скла, металу, пилу, сировиною і продуктами, що застосовуються в цеху,
- порізи, переломи, вивихи.

Забороняється:

- забороняється залишати без догляду ввімкнений до мережі електроінструмент;
- передавати його хоча б на недовгий час побічним особам;
- робити з електроінструментом на драбинах.

При діяльності в особливо ненадійних умовах повинні використовуватись переносні лампи напругою не вище 12В у вибухобезпечному виконанні.

При ураженні електричним струмом – негайно відсторонити постраждалого від джерела напруги і якомога швидше надати першу медичну допомогу.

Перша медична допомога при ураженні електрострумом лежить у звільненні постраждалого від діяння струму.

НУХТ	<i>Технічне узгодження Житницький ІВ.</i>	ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа Головний О.С.</i>	<i>Розробник документа Головний О.С.</i>	<i>Назва, додаткова назва ОХОРОНА ПРАЦІ</i>	200395.ДП.4.1.001			
	<i>Документ затверджено Габда О.М.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова ІІА</i>	<i>Аркили 53</i>

Звільнення від діяння струму можна виконати двома способами:

- швидке відключення електроустановки, якої торкається постраждалий;
- звільнення постраждалого від частин, які ведуть струм.

9.ВИСНОВКИ

Запропоновано технічне рішення модернізації апарату для пом'якшення води. Апарат складається з двох колон зі сферичними днищем і кришкою. В середині колони на решітці знаходиться шар іонообмінної смоли, який займає 70 відсотків об'єму колони. У колону подається вода зі свердловини після попереднього очищення на пісочному фільтрі. Пом'якшена вода подається на наступні етапи очищення. Після підвищення показників жорсткості води на виході із колони смола регенерується шляхом пропускання сольового розчину. Розчин готується шляхом пропускання води через окремий резервуар з кристалічною сіллю.

На відміну від аналогічних апаратів, запропонована конструкція відрізняється тим, що:

- Корпус апарату виготовлений із нержавіючої сталі;
- Вода на очищення подається зверху;
- Потік води рівномірно розподіляється через колектор під решіткою.

Технічний результат полягає у наступному. На відміну від полімерного копрусу, корпус із нержавіючої сталі буде повільніше зношуватися за рахунок тертя із частинками смоли. Верхня подача води забезпечить комфортніші і безпечніші умови обслуговування апарату. Встановлення колектора забезпечить рівномірний потік води, і, відповідно, рівномірне використання іонообмінної смоли, без утворення застійних зон.

Роботоздатність апарату підтверджено розрахунками на міцність корпусу, кришок і днища під дією надлишкових тисків, і зварних швів. Виконання розроблених заходів з охорони праці дозволять безпечну роботу апарату.

НУХТ	<i>Технічне узгодження Житницький І.В.</i>	ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа Головний О.С.</i>	<i>Розробник документа Головний О.С.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i>	<i>200395.ДП.4.1.001</i>				
	<i>Документ затверджено Гавда О.М.</i>	ВИСНОВКИ	<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> ІІА	<i>Аркулш</i> 55	

10. 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. Змієвський Ю. Г.. Наукові засади баро- та електромембранних процесів харчових технологій [Текст] : дис... д-ра техн. наук : 05.18.12 / Ю. Г. Змієвський ; Нац. ун-т харч. технол. – Київ, 2018. – 423 с.
3. Мембранні процеси в технології переробки післяспиртової зернової барди [Електронний ресурс]: монографія / В. Г. Мирончук, Г. В. Дейниченко, Л. В. Корнієнко, Ю. Г. Змієвський . – Київ : НУХТ, 2016 . – 152 с. – ISBN 978-966-612-184-7
4. Процеси і апарати харчових виробництв [Текст] : приклади і задачі : навч. посіб. / І. Ф. Малезик, П. М. Немирович, В. Л. Зав'ялов та ін. ; за ред. І. Ф. Малезика ; Нац. ун-т харч. технол. – К. : НУХТ, 2015. – 386 с.
5. Процеси і апарати харчових виробництв [Текст] : Підруч. / І. Ф. Малезик, П. С. Циганков, П. М. Немирович, О. С. Марценюк ; Ред. І.Ф. Малезик. – К. : НУХТ, 2003. – 400 с.
6. Ситник І.О., Климнюк С.І., Творко М.С. Мікробіологія, вірусологія, імунологія. - Тернопіль: Укрмедкнига, 2009. - 295 с.
7. Біотехнологія: Підручник / В.Г. Герасименко, М.О. Герасименко, М.І. Цвіліховський та ін.; Під общ. ред. В.Г. Гера сименка. – К.: Фірма «ІНКОС», 2006
8. Batt C.A. Encyclopedia of Food Microbiology (Second Edition) / C.A. Batt. – Elsevier, 2017. – 110 p.

НУХТ	<i>Технічне узгодження Житнєцький ІВ.</i>	ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа Годовний О.С</i>	<i>Розробник документа Годовний О.С.</i>	<i>Назва, додаткова назва СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</i>	<i>200395.ДП.4.1001</i>			
	<i>Документ затверджено Гавва О.М.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова ІІА</i>	<i>Аркциш 56</i>

9. Brennan J. G.. Food Processing Handbook, 2nd Edition / James G.B., Alistair S.G. – Wiley-VCH Verlag GmbH & Co, 2011. – 826 p.
Надійність обладнання галузі: переробні та харчові виробництва : підручник / Ю. Г. Сухенко, І. П. Паламарчук, Р. І. Сивак, М. М. Жеплінська ; за ред. Ю. Г. Сухенка ; Нац. ун-т біоресурсів і природокористування України. – Київ : Інкос, 2018. – 484 с.
10. Сухенко, Ю. Г. Процеси і апарати харчових виробництв. Лабораторний практикум : навч. посібник / Ю. Г. Сухенко, М. М. Жеплінська, М. М. Муштрук ; за ред. Ю. Г. Сухенка ; Нац. ун-т біоресурсів і природокористування України. – Київ : Інкос, 2018. – 244 с.
11. Бойко, Ю. І. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навч. посібник / Ю. І. Бойко, О. А. Литвиненко ; Нац. ун-т харч. технол. – Київ : НУХТ, 2018. – 195 с.
12. Технологічне обладнання борошномельних і круп'яних підприємств : підручник / О. І. Гапонюк, Л. С. Солдатенко, Л. Г. Гросул та ін. – Херсон : Олді-плюс, 2018. – 752 с.
13. Верхівкер, Я. Г. Технологічний інжиніринг підприємств харчової галузі : навч. посібник / Я. Г. Верхівкер, О. С. Бессараб, Т. І. Нікітчина ; за ред. Я. Г. Верхівкера ; Одес. нац. акад. харч. технол., Національний університет харчових технологій. – Одеса : Освіта України, 2017. – 144 с.
14. Гуменюк Г. Д. Стандартизація : навч. посібник / Г. Д. Гуменюк ; Національний університет харчових технологій. – Херсон : Олді-плюс, 2017. – 330 с.
15. Матеріалознавство та матеріали у харчовій промисловості : підручник / В. А. Косенко, Н. Ф. Кущевська, С. В. Кадомський та ін. – Київ : Ун-т Україна, 2017. – 383 с.