

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ШОСТКИНСЬКИЙ ІНСТИТУТ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Кафедра: Хімічної технології високомолекулярних сполук

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВР**  
зі спеціальності 6.133: Галузеве машинобудування

**Тема проекту:** «Виробництво вуглекислого марганцю продуктивністю 2000 т/рік. Розробити камерний фільтр-прес»

Виконав студент

Клименко В.С.

Залікова книжка:

№ \_\_\_\_\_

Захищений з оцінкою:

\_\_\_\_\_

Керівник проекту

Банишевський В.В.

ІІІ Сум ДУ 2022

ШОСТКИНСЬКИЙ ІНСТИТУТ  
СУМСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ  
Кафедра „ Хімічної технології високомолекулярних сполук ”

Дисципліна: Машини та апарати хімічних виробництв

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. Кафедрою

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ**

Студенту: Клименко В.С.

група ХМз - 81ш курс IV

Тема роботи «Виробництво вуглекислого марганцю продуктивністю 2000 т/рік. Розробити камерний фільтр-прес»

Вихідні дані: Продуктивність по готовому продукту 2000 т/рік. Надходження води з компонентами для очистки 91000 кг/добу, температура води яка надходить на очищення 40°C, кількість операцій хімічного очищення на добу – 6.

3 Перелік обов'язкового графічного матеріалу (листи А1)

3.1 Технологічна схема установки 2хА1

3.2 Складальне креслення 2хА1

3.3 Складальні одиниці А1

1. Література та матеріали, які рекомендуються: Касаткин А.Г.

Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1973.

– 754с. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие

по проектированию/ Под ред. Ю.И. Дытнерский. М.: Химия, 1991. – 272с.

2. Контрольні терміни виконання: \_\_\_\_\_

Етапи і розділи курсової роботи	Тижні										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Вступна частина	+	+									
2. Технологічна (аналітична) частина			+	+							
3. Технологічні і конструктивні розрахунки					+	+					
4. Ремонт та монтаж. Охорона праці							+	+			
5. Розробка креслень									+	+	
6. Оформлення записки											+
7. Захисна робота											+

6. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ 20\_\_ р

7. Термін захисту курсової роботи \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Керівник курсової роботи \_\_\_\_\_ Банишевський В.В.

## Реферат

Пояснювальна записка: 76 арк., 15 рис., 8 таблиць., 18 літературних джерел. Графічні матеріали: технологічна схема виробництва, складальне креслення апарату, креслення складальних одиниць, всього 5 листи формату А1.

Тема курсового проекту: " Виробництво вуглекислого марганцю продуктивністю 2000 т/рік. Розробити камерний фільтр-прес ".

Проведено розрахунок виробництва вуглекислого марганцю зі стічних вод, що утворюються при отриманні гідрохінону.

Наведено теоретичні основи та особливості процесу фільтрування. Виконані розрахунки на міцність фільтр-преса типу ФПАКМ; виконаний гідравлічний розрахунок; розраховано та обрано допоміжне обладнання; описаний ремонт та монтаж преса; висвітлено питання охорони праці.

Ключові слова: ФІЛЬТР-ПРЕС, МАТЕРІАЛ, ПРОЦЕС, ТЕХНОЛОГІЯ, ВИДАЛЕННЯ, ВУГЛЕКИСЛИЙ МАРГАНЕЦЬ.

## ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Технологічна частина .....	7
1.1 Характеристики готового продукту .....	7
1.2 Опис технологічної схеми виробництва.....	8
1.3 Технологічні основи процесу .....	10
1.4 Опис конструкції проектного апарату .....	14
1.4.1 Конструкція та принцип дії фільтр-пресу .....	14
1.4.2 Принцип роботи фільтр-пресу.....	17
2 Технологічні розрахунки апарату .....	18
2.1 Матеріальний баланс .....	18
2.2 Теплові розрахунки.....	24
2.3 Конструктивні розрахунки.....	33
2.4 Гідравлічні розрахунки.....	35
2.5 розрахунок допоміжного обладнання.....	39
3 Проектно-конструкторська частина.....	46
3.1 Вибір конструкційних апаратів .....	46
3.2 Розрахунок на міцність, стійкість та стабільність роботи .....	46
3.2.1 Розрахунок механізму затиску .....	46
3.2.2 Розрахунок важеля.....	52
3.2.3 Розрахунок траверси.....	53
3.2.4 Розрахунок осі нижнього важеля .....	58
3.2.5 Розрахунок рамки фільтруючої плити.....	59
3.2.6 Розрахунок пружини.....	62
4 Монтаж та ремонт апарата .....	65
4.1 Монтаж фільтр-пресу типу фпакм .....	65
4.2 Опис проведення ремонтних робіт .....	66
4.2.1 Експлуатація фільтр-пресу типу фпакм .....	66

					<b>6.133.22.01.00.00.00 ПЗ</b>		
Зм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата			
Розроб.	Клименко				Літ	Аркуш	Аркушів
Перев.	Банишевский				4	76	
Н. Контр.					<b>ІІІ Сум ДУ</b>		
Затвердив					<b>гр. ХМзт-81Ш</b>		
					<i>Виробництво вуглекислого марганцю продуктивністю 2000 т/рік. Розробити камерний фільтр-прес Пояснювальна записка</i>		

4.2.2 Змазка фільтр-пресу типу фпакм.....	67
4.2.3 Ремонт фільтр-пресу типу фпакм.....	67
5 Охорона праці.....	69
5.1 Аналіз потенційних небезпек .....	69
5.1.1 Заходи для забезпечення безпечних умов праці.....	69
5.1.2 Засоби індивідуального захисту .....	71
5.1.3 Опалення.....	72
5.1.4 Протипожежні заходи .....	72
5.2 розрахунок захисного заземлення.....	73
Висновки .....	76
Список літератури.....	77

					<i>6.133.22.01.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

## Вступ

Підйом виробництва призводить до зростання обсягів та видів промислових стоків, що веде до різкого збільшення забрудненості території країни токсичними солями, важкими металами, шкідливими органічними з'єднаннями тощо. За останні роки на території України зафіксовано низку екологічних катастроф. Тому очищення промислових стоків підприємств (а де це можливо і повернення відходів у виробництво) сьогодні стає не лише приватною справою підприємств, але також і одним з найважливіших загальнодержавних завдань.

Стабілізація і поліпшення екологічної ситуації, як нашій країні, і у всьому світі загалом, значною мірою залежить від ефективності застосовуваних методів очищення вод (безвідходного виробництва). Очищення - це обробка вод з метою руйнування або видалення шкідливих речовин.

Донедавна води при виробництві в цеху з виробництва вуглекислого марганцю, скидалися в каналізацію, що призводило до забруднення вод, шкідливими сполуками. Після багаторічної роботи Шосткинського заводу хімічних реактивів (ШЗХР) спільно зі співробітниками Донецької філії "Гіпрохімреактив" розробили технологію отримання вуглекислого марганцю зі стічних вод при виробництві гідрохінону.

Марганець вуглекислий є одним із важливих хімічних продуктів, що має великий попит в Україні та за кордоном. В даний час він знаходить широке застосування в аналітичній практиці, особливо при визначенні азоту у виробництві різних солей, при виготовленні марганцевих пігментів, і як добавку при приготуванні комбікормів.

Застосовувані в даний час барабанні вакуум-фільтри мають незначну продуктивність, що стримує підвищення одержання вуглекислого марганцю.

В Україні розроблені сучасніші продуктивні фільтри, тому в хімічній промисловості намічається тенденція заміни морально застарілих апаратів на високопродуктивні фільтри. Тому доцільно було б застосувати фільтр типу ФПАКМ та у виробництві марганцю вуглекислого.

Застосування цього фільтра дозволить різко збільшити продуктивність, покращити якість відмивання, скоротити виробничі площі в цеху з виробництва марганцю вуглекислого. [1]

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

# 1 Технологічна частина

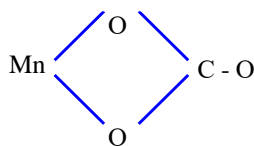
## 1.1 Характеристики готового продукту

Готовий продукт: вуглекислий марганець - кристали від світло-рожевого до світло-коричневого кольору, нерозчинні у воді, спирті, ефірі.

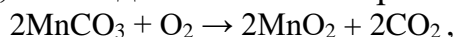
Вуглекислому марганцю дається формула  $MnCO_3$ , хоча при прийнятому методі отримання утворюються основні солі складу  $MnCO_3 \cdot n \cdot Mn(OH)_{2 \cdot n} / H_2O$ .

Внаслідок цього вміст металевого марганцю коливається від 42% до 45%, що відповідає вмісту основної речовини у висушеному продукті 92 – 94%.

Структурна формула

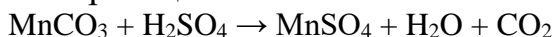


Молекулярна вага вуглекислого марганцю 114,95, при температурі вище  $100^{\circ}C$  вуглекислий марганець окислюється за рахунок кисню повітря, утворюючи окисні сполуки, внаслідок чого солі марганцю темніють



$MnO_2$  – порошок чорного кольору.

Мінеральні кислоти переводять вуглекислий марганець в розчин, утворюючи відповідні солі марганцю:



Кристали вуглекислого марганцю мають форму ромба. Щільність марганцю вуглекислого –  $3,125 \text{ г/см}^3$ .

Вуглекислий марганець застосовується в аналітичній практиці при визначенні азоту, у виробництві різних солей, при виготовленні марганцевих пігментів, феритів і як добавка при виготовленні комбікормів.  $MnCO_3$  випускається за ГОСТ 7205-97.

Початкова сировина для розділення.

У процесі виробництва вуглекислого марганцю застосовуються наступні речовини, які знаходяться у стічних водах:

Розчин із зваженими частинками піролюзиту, порожньої породи, сірчаноокислого марганцю, сірчаноокислого амонію, хінону, сірчаної кислоти і деяких органічних домішок.

Наявна у складі стічних вод сірчана кислота 1,8 – 2% може викликати хімічний опік у разі потрапляння на тіло.

Хінон - вміст його у стічних водах до 0,06%. Хінон є кров'яною отрутою і має різкий специфічний запах. Вугілля активоване – являє собою пористу, тверду речовину чорного кольору. Містить 90 - 97% вуглецю, питома вага  $400 \text{ кг/м}^3$ , температура самозаймання  $340^{\circ}C$ , ТУ6-16-2050-76, ГОСТ 4453-74.

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Пергідроль – перекис водню – безбарвна рідина без запаху. У виробництві вуглекислого марганцю застосовується 27 – 33% розчин перекису водню, ГОСТ 177-87. Щільність 1448кг/м<sup>3</sup>, температура кипіння 69,7°C при 28мм.рт.ст. Змішується у всіх співвідношеннях із холодною водою. Сильний окисник.

Аміачна вода - є прозорою рідиною, що містить 25% аміаку з різким запахом, легко випаровується на повітрі, перетворюючись на газоподібний аміак, який дратує дихальні шляхи, легені, слизову оболонку і носоглотку. Виготовляється по ГОСТ 9 – 77.

Біфторид - фторид амонію - кристали білого кольору, добре розчинні у воді, при попаданні на тіло може викликати дерматити. Виготовляється за ТУ– 6-08-238-84.

Вуглеамонійна сіль – кристалічний порошок білого кольору.

Виготовляється за ГОСТ 9325-89.

## 1.2 Опис технологічної схеми виробництва

В даній роботі описано технологічний процес отримання Вуглекислому марганцю зі стічних вод з виробництва гідрохінону. Стічні води з відстійника-накопичувача надходять у теплоізольований горизонтальний збірник (поз.2). Для забезпечення безперебійної роботи збірник обладнаний сигналізацією максимального та мінімального рівня стічних вод.

Технологічна схема показана на кресленнику 6.133.22.01.00.00.00 ТС.

Зі збірки (поз.2) стічні води відцентровим насосом (поз.12) подаються на хімічну очистку в реактор (поз.6). Максимальний рівень реактора заблокований з насосом (поз.12). Мета хімічного очищення стічних вод – осадити залізо та органічні домішки. Операцію хімічної очистки проводять у дві стадії. На 1 стадії проводять окислення 2-х валентного заліза в 3-х валентне: для цього стічні води в реакторі (поз.6) нейтралізують аміачною водою, що подається з мірника (поз.3) до рН 3 ÷ 4. При досягненні зазначеного значення рН подача аміачної води автоматично припиняється. Після цього реакційну масу підігрівають до 40÷50°C і заливають пергідроль із мірника (поз.5). На 2-й стадії очищення беруть в облогу кальцій, залізо і адсорбують органічні домішки активованим вугіллям. Для цього реактор (поз.6) подаємо аміачну воду з мірника (поз.3), куди аміачна вода подається зі збірки (поз.1) насосом. При досягненні рН 6,8÷7,3 подача аміачної води автоматично припиняється.

У реактор (поз.6) за допомогою вакууму завантажують біфторид - фторид амонію для перекладу солей розчинних кальцію в нерозчинні солі фтору.

Після осадження заліза та кальцію в реактор (поз.6) завантажують за допомогою вакууму активоване вугілля, потім вміст реактора підігрівають до 80÷90°C та витримують при цій температурі протягом 1 години. Після витримки відбирають пробу для аналізу вміст заліза. При позитивному

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8



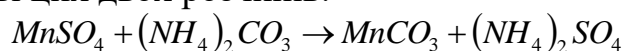
результаті аналізу розчин відцентровим насосом (поз.7) подають на фільтрування на рамний прес-фільтр (поз.8). Перші каламутні порції фільтрату повертають у реактор (поз.6), а решту фільтрату подають у збірник (поз.10).

Із цих збірок беруть пробу на аналіз. Проектом передбачена можливість повернення розчину зі збірки (поз.10) реактор (поз.6) для повторного очищення або фільтрації.

Шлам з фільтр-преса (поз.8) скидають у бункер (поз.9), з останнього видають у самоскид і вивозять.

Відфільтрований розчин марганцю сірчаноокислого через теплообмінник (поз.17), де він охолоджується до 30°C, подають на стадію осадження вуглекислого марганцю в напірний бак (поз.11).

Одержання вуглекислого марганцю зводиться до осадження його з розчину сірчаноокислого марганцю розчином вуглеамонистої солі при паралельному зливі цих двох розчинів:



Розчин вуглеамонистої солі готують у реакторі (поз.16), куди заливають відміряну по лічильнику кількість технічної води, підігрівають до 30÷35°C і при мішалці, що працює, через люк апарату завантажують вуглеамонистої сіль.

Для перекладу бікарбонату амонію в карбонат амонію доведення рН середовища до 9÷9,3 в реакторі (поз.16) подають аміачну воду з мірника (поз.15). При досягненні вказаного рівня рН подача аміачної води автоматично припиняється.

Приготовлений розчин вуглеамонистої солі відцентровим насосом (поз.17) подають для фільтрування на дисковий фільтр (поз.18). Перші каламутні води фільтрату повертають у реактор (поз.16), а решту фільтрату подають у напірний бак (поз.21). Перед подачею розчинів осадитель включають в роботу мішалку, відкривають арматуру на лініях від напірних баків і по ротаметрах встановлюють витрату розчинів:  $MnSO_4$  и  $(NH_4)_2CO_3$ .

З охолоджувача (поз.22) суспензія вуглекислого марганцю через переливну трубу безперервно надходить в реактор (поз.23), звідки відцентровим насосом (поз.24) подають на ФПАКМ-10 (поз.25), де кристали відокремлюють від маточників і промивають обессол водою. Маточник збирають у горизонтальну збірку (поз.27). Обидві ці частини мають показники максимального рівня рідини. Для контролю фільтрації маточника та промивних вод передбачено два дискові фільтри (поз.18, 28). По закінченні фільтрації вуглекислий марганець зливають з дисків знесолоною водою а суспензію подають в реактор (поз.23), звідки відцентровим насосом (поз.24) повертають в реактор (поз.23). Відміту пасту  $MnCO_3$  з ФПАКМ збирають у бункер (поз.31), звідки шлюзовим живильником (поз.37) подають на гвинтовий конвеєр (поз.26), звідки  $MnCO_3$  надходить у вакуум-сушарку (поз.32).

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Гаряче повітря, водяні пари і пил вуглекислого марганцю відсмоктуються з сушарки (поз.32) і надходять у пастку (поз.35), де відбувається конденсація пар і вловлюється пил  $MnCO_3$  технічною водою, що подається через нижні штуцера пастки. З бічних штуцерів пастки вода витікає через барометричний бак (поз.38) у каналізацію. Суспензію  $MnCO_3$  з пастки періодично зливають в реактор (поз.29). Охолоджене та очищене повітря з пастки вакуум-насосом (поз.36) викидається в атмосферу поза цехом.

Висушені кристали із сушарки надходять у бункер (поз.33) і через шлюзовий живильник (поз.37) їх фасують на напівавтоматичних вагах (поз.34). Готовий продукт розфасовують у поліетиленові мішки, вставлені у двошарові паперові мішки, а потім у поліетиленові мішки та зашивають мішкозашивальною машинкою (поз.40).

### 1.3 Технологічні основи процесу

Фільтруванням називають процес поділу суспензій за допомогою пористої перегородки, що пропускає рідину (фільтрат) і затримує зважені в ній тверді частинки.

Розрізняють такі види фільтрування:

- 1) фільтрування з утворенням шару осаду на фільтрувальній перегородці;
- 2) згущення – відділення твердої фази від рідкої над вигляді осаду, а вигляді висококонцентрованої (згущеної) суспензії;
- 3) освітлення – фільтрування рідин із незначним вмістом твердої фази.

Можна умовно вважати, що фільтрування з утворенням осаду характеризується вмістом у суспензії, що фільтрується, більше 1% об'ємн. твердої фази, освітлення – менше 0,1%. Суспензії, що містять 0,1-1% твердої фази, перед фільтруванням бажано піддавати попередньому згущенню у відстійниках.

Фільтрування з утворенням осаду є найбільш поширеним. У більшості випадків тверді частинки в перші моменти з початку фільтрування проходять через пори фільтрувальної перегородки, але незабаром накопичуються на ній, і через фільтр починає протікати лише освітлена рідина - фільтрат. Таким чином, в цьому процесі шар осаду, що утворюється, грає роль основного фільтруючого середовища.

Фільтрування з утворенням осаду найчастіше проводиться при постійному тиску, так як цей режим процесу простий і зручний й практичний. Однак при проведенні процесу під постійним тиском швидкість фільтрування зі збільшенням шару осаду зменшуватиметься. Для підтримки постійної швидкості фільтрування доводиться збільшувати перепад тиску на фільтрі в міру перебігу процесу. У деяких випадках фільтрування проводять при постійній швидкості, наприклад, у фільтрпресах.

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

У процесі фільтрування дуже в'язких рідин з невеликим вмістом дрібних твердих частинок останні проникають у пори фільтрувальної перегородки та затримуються в них. При цьому на поверхні фільтрувальної перегородки майже не утворюється шар осаду. У такому процесі, званому фільтруванням із закупорюванням пір, у міру затримки все більшої кількості твердих частинок у порах фільтрувальної перегородки її опір швидко зростає і швидкість фільтрування зменшується. Тому фільтрування із закупорюванням пір прагнуть уникнути, проте на практиці фільтрування іноді протікає з частковою закупоркою пір; можливе також поєднання процесів фільтрування з утворенням осаду та з частковим закупорюванням пір.

Згущення застосовується для часткового відділення рідкої фази шляхом фільтрування, т. е. тієї ж мети, як і відстоювання під впливом сил тяжкості. Однак згущення шляхом фільтрування можна проводити в значно компактнішій апаратурі і отримати чистіший фільтрат.

Освітлення рідин часто проводиться шляхом додавання допоміжних речовин у суспензію або створення намивного шару цих речовин на фільтрі.

Як допоміжні речовини застосовують кизельгур і діатоміт, а також паперову масу, вугілля, азбест, відбілюючу землю та ін.

Ці речовини, накопичуючись на фільтрі, затримують дуже дрібні частинки осаду (діаметром 1 мк і менше), а деякі з них, наприклад земля, що відбілює, і активоване вугілля, адсорбують на поверхні дрібні тверді частинки.

Допоміжні речовини додають у кількості 0,1-0,5% (іноді до 2%) від ваги суспензії та після промивання часто знову використовують. Іноді замість додавання до суспензії допоміжні речовини намивають у вигляді шару невеликої товщини на поверхню фільтра, що значно полегшує відділення тонкодисперсних зважених частинок.

Фільтрування часто супроводжується осадженням частинок під впливом сил тяжіння. Осадження сприяє фільтруванню, якщо рух суспензії внаслідок різниці тисків і рух частинок, що осаджуються, збігаються у напрямку, т. е. якщо фільтрувальна перегородка горизонтальна і знаходиться під шаром суспензії. В іншому випадку осадження частинок перешкоджає фільтруванню.

Отримувані при фільтруванні опади діляться на стискані, частинки яких деформуються і розмір пір зменшується з підвищенням тиску, і нестискаємі, у яких розмір і форма частинок практично не змінюються зі зміною тиску. Крім того, розрізняють кристалічні, аморфні та колоїдні опади, причому аморфні та колоїдні опади відокремлюються від рідини важче кристалічних і є важкофільтрованими.

Для більш повного видалення з осаду рідини (маточного розчину), що знаходиться в ньому, опади промивають. Іноді для повноти промивання фільтрування проводять у двох послідовно працюючих фільтрах, осад з першого фільтра змішують з промивною рідиною і знову відфільтровують (двоступінчасте фільтрування).

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

При фільтруванні відбувається рух фільтрату через шар осаду та фільтрувальну перегородку. У шарі осаду рідина рухається через пори - капілярні канали змінного перерізу та різної кривизни. Для такого руху рідини через шар опір фільтруванню  $R$  за інших рівних умов зменшується зі зростанням пористості осаду та зменшенням в'язкості фільтрату.

Величина  $R$  складається з опорів осаду  $R_{oc}$  та фільтрувальної перегородки  $R_{пер}$ :

$$R = R_{oc} + R_{пер} \quad (1.1)$$

Опір осаду пропорційно його товщині  $\delta$ :

$$R_{oc} = r \times \delta \quad (1.2)$$

де  $r$  — коефіцієнт пропорційності, званий питомим опором осаду.

Питомий опір осаду являє собою опір одиниці об'єму осаду висотою 1 м, відкладеного на площі  $1 \text{ м}^2$ , і може бути визначено досвідченим шляхом.

З виразу знаходимо розмірність опору фільтруванню:

$$[R] = \left[ \frac{\Delta p \times F \times \tau}{V} \right] = \left[ \frac{н \times м^2 \times сек}{м^2 \times м^3} \right] = \left[ \frac{н \times сек}{м^3} \right] \quad (1.3)$$

Відповідно розмірність питомого опору осаду:

$$[r] = \left[ \frac{R_{oc}}{\delta} \right] = \left[ \frac{н \times сек / м^3}{м} \right] = \left[ \frac{н \times сек}{м^4} \right] \quad (1.4)$$

Об'єм осаду, що відклався на фільтрі, можна виразити як добуток площі  $F$  фільтра на товщину осаду. Якщо позначити через  $u$  обсяг осаду (в  $\text{м}^3$ ), що припадає на  $1 \text{ м}^3$  фільтрату то обсяг осаду, що відклався після утворення  $V \text{ м}^3$  фільтрату, буде дорівнює  $u \cdot V$ . Отже:

$$F \times \delta = u \times V \quad (1.5)$$

Звідси товщина шару осаду становить:

$$\delta = u \times \frac{V}{F} = u \times q \quad (1.6)$$

$$q = \frac{V}{F} \text{ м}^3/\text{м}^2 \quad (1.7)$$

Величина  $q$  являє собою обсяг фільтрату, одержуваного з одиниці поверхні фільтра за час фільтрування  $\tau$ , і називається питомою продуктивністю фільтра.

Підставивши значення  $u$  у рівняння (1.3) знайдемо опір осаду:

$$R_{oc} = r \times u \times q \quad (1.8)$$

і отримаємо наступний вираз для опору фільтруванню:

$$R = R_{oc} + R_{пер} = r \times u \times q + R_{пер} \quad (1.9)$$

Із загального закону руху через шар, розділивши обидві частини цього рівняння на  $F\tau$ , можна знайти швидкість руху рідини через шар:

$$w = \frac{V}{F \times \tau} = \frac{q}{\tau} = \frac{\Delta p}{R} \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{сек} \quad (1.10)$$

Як видно з рівнянь (2.3) та (2.9), опір  $R$  у міру утворення осаду та збільшення його товщини зростає, а швидкість фільтрування зменшується.

										Арк.
										12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6.133.22.01.00.00.00 ПЗ					

Перепишемо рівняння (2.9) у диференціальній формі та підставимо замість  $R$  його значення за формулою (2.8).

Тоді

$$w = \frac{d \times q_1}{d \times \tau} = \frac{\Delta p}{r \times u \times q + R_{nep}} \quad (1.11)$$

Звідки:

$$d \times \tau = \frac{r \times u \times q + R_{nep}}{\Delta p} \times d \times q \quad (1.12)$$

Інтегруючи цей вираз у межах від 0 до  $\tau$  і від 0 до  $q$ , знайдемо тривалість фільтрування

$$\tau = \int_0^q \left( \frac{r \times u \times q}{\Delta p} + \frac{R_{nep}}{\Delta p} \right) \times d \times q \quad (1.13)$$

Після інтегрування отримаємо:

$$\tau = \frac{r \times u \times q^2}{2 \times \Delta p} + \frac{R_{nep} \times q}{\Delta p} \text{сек} \quad (1.14)$$

Вирішуючи рівняння (1.13) щодо  $q$ , визначимо питому продуктивність фільтра:

$$q = \sqrt{\left( \frac{R_{nep}}{r \times u} \right)^2 + \frac{2 \Delta p}{r \times u} \times \tau} - \left( \frac{R_{nep}}{r \times u} \right) \text{м}^3/\text{м}^2 \quad (1.15)$$

З рівнянь (2.14) і (2.10) випливає, що в міру протікання процесу фільтрування величина  $q$  збільшується, а швидкість процесу  $w$  відповідно зменшується.

Промивання осаду відповідає фільтруванню при постійній висоті шару осаду на фільтрувальній перегородці.

Швидкість промивання  $w_{np}$  визначається за рівнянням, аналогічним рівнянню (1.10), та є постійною. Отже

$$w_{np} = \frac{\Delta p_{np}}{r_{np} \times u \times q + R_{nep}} \text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{сек} \quad (1.16)$$

де :

$\Delta p_{np}$ . — перепад тиску при промиванні;

$r_{np}$ . — питомий опір осаду під час промивання. Розмір  $r_{np}$ . визначається за формулою:

$$r_{np} = \frac{\mu_{np}}{\mu} \times r \quad (1.17)$$

де:

$\mu$  и  $\mu_{np}$ . — в'язкість фільтрату та промивної рідини;

$r$  — питомий опір осаду при фільтрації.

Якщо витрати промивної води на 1  $\text{м}^3$  вологого осаду позначити через  $L \text{ м}^3/\text{м}^3$ , то обсяг промивної рідини, що отримується з одиниці поверхні фільтра, складе:

$$V_{np} = L \times u \times q \text{ м}^3/\text{м}^2 \quad (1.18)$$

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

За питомим обсягом промивної рідини  $V_{пр}$ . та швидкості промивання  $w_{пр}$ . можна визначити тривалість промивання:

$$\tau_{пр} = \frac{V_{пр}}{w_{пр}} = \frac{L \times u \times q (r_{пр} \times \mu \times q + R_{неп})}{\Delta p_{пр}} \text{ сек} \quad (1.19)$$

## 1.4 Опис конструкції проектного апарату

### 1.4.1 Конструкція та принцип дії фільтр-пресу

Фільтр-прес (див. рис. 1.1) складається з набору фільтруючих плит, розташованих між плитами верхньої напольгливої та нижньої натискної (поз.16). Під натискною плитою встановлений механізм затиску 17, що виконує підйом, опускання та ущільнення набору плит, що фільтрують.

Фільтрувальна тканина 7 у вигляді нескінченної стрічки зигзагоподібно протягнута між фільтруючими плитами. Натяг тканини здійснюється спеціальним натискним пристроєм 10, встановленим на верхній упорній плиті.

Пересування фільтрувальної тканини з метою вивантаження осаду і її регенерації виконує привод руху тканини 3, що складається з приводного барабана і притискного ролика. Привідний барабан отримує обертання від електродвигуна через редуктор і клинопасову передачу.

У камері регенерації 2 встановлені ножі для очищення та зрошувальні труби для струминного промивання тканини. Зверху камери регенерації встановлено ролик регулювання тканини 4, мета якого усувати зсув фільтрувальної тканини щодо фільтруючих плит.

Плита нижня опорна, привод руху тканини і камера регенерації встановлені на загальній рамі 19.

З лицьової сторони фільтра, на плиті нижньої опорної, встановлений колектор відведення фільтрату з клапаном, що дозволяє окремо відводити фільтрат або промивну рідину. На правій стороні встановлений колектор 15 тиску для подачі води на діафрагму.

З зворотного боку фільтр-преса на плиті верхньої завязаної встановлені колектор подачі з трьома клапанами, через які здійснюється підведення суспензії, промивної рідини та повітря.

На натискній плиті встановлено клапан скидання тиску з колектора подачі 20.

Фільтруюча плита складається з двох частин: верхньої частини – корпусу (камери фільтрату) та нижньої частини – рамки.

Корпус призначений для скидання та відведення фільтрату і має днище та дренажне основу у вигляді окремих вкладишів. Рамка є камерою фільтрування, в якій формується та просушується осад.

Між корпусом і рамкою розташована опукла гумова діафрагма, призначена для віджимання (просушки) осаду.

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

При стиснутих плитах суспензія, промивна рідина або повітря послідовно надходить трубопроводами до колектора подачі, на вході якого встановлені клапани, що автоматично відкривають доступ технологічних середовищ у фільтрувальні плити.

Рідка фаза суспензії проходить через тканину і дренажне основу в камери фільтрату і далі колектор відведення 19, тверда фаза затримується на поверхні тканини і утворює осад, який потім промивається рідиною і просушується віджимом діафрагмою і повітрям.

Після розкриття фільтр-преса між фільтруючими плитами утворюється зазор, осад залишається на фільтрувальній тканині. Фільтрувальна тканина, що приводиться в рух приводом пересування тканини, виносить осад міжплитного простору. Вивантаження осаду проводиться одночасно з двох сторін.

Робота автоматичного фільтр-преса здійснюється в такий спосіб. В автоматичному режимі з натисканням кнопки "Пуск" при досягненні нормального робочого тиску в маслосистемі автоматично вмикається механізм затиску, плити піднімаються вгору та ущільнюються. При досягненні необхідного зусилля стиснення фільтруючих плит електродвигун механізму затиску автоматично вимикається. Відкривається клапан випуску фільтрату, потім клапан подачі суспензії. Суспензія надходить через колектор подачі міжплитний простір всіх фільтруючих плит одночасно. Після заповнення фільтр-преса суспензією та досягнення мінімального тиску відбувається фільтрування та починається відлік часу операції «Фільтрування» за реле часу.

Після закінчення встановленого часу на фільтрування клапан подачі суспензії закривається, відкривається клапан подачі води на діафрагму.

Починається операція "Отжим I" або "Отжим (у 4-х операційному циклі)", при якій відбувається видалення рідини з суспензії, що знаходиться в рамному просторі і формування осаду - "коржики".

Працюючи преса на 6-ти технологічних операціях після закінчення операції «Отжим I» закривається клапан подачі води на діафрагми, клапан відбору фільтрату; відкривається клапан відбору фільтрату промивання, клапан скидання тиску з колектора подачі, а потім клапан подачі промивної рідини колектор подачі. Відбувається операція «Промивка», по закінченні якої здійснюється операція «Отжим II», аналогічна до операції «Отжим I».

Після закінчення встановленого часу операції «Отжим II» спрацьовує клапан колектора тиску; закривається клапан подачі води діафрагми; відкривається клапан випуску води; відкривається клапан скидання тиску з колектора подачі та клапан подачі повітря. Повітря продує колектор подачі, а при клапані скидання тиску, що закрився, додатково просушує осад і видавлює воду з порожнин діафрагм. Після продування осаду повітрям відкривається клапан скидання і під час падіння тиску в рамному просторі до нуля включається механізм затиску на розтиск плит і механізм натягу тканини. Відбувається розтискання фільтруючих плит та опускання їх у нижнє крайнє положення.

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Виробляється натяг тканини і включається привід її пересування. Приводний барабан, обертаючись, переміщає фільтрувальну тканину разом із осадом. Осад, що виноситься фільтротканню з міжплитного простору, на межах відокремлюється від тканини – відбувається вивантаження осаду.

З початком руху фільтрувальної тканини відкривається клапан подачі промивної рідини в камеру регенерації, де відбувається очищення тканини ножами та струменеве промивання (регенерація тканини).

Клапан подачі промивної рідини в камеру регенерації закривається одночасно з вимкненням приводу пересування тканини.

На цьому закінчується один цикл.

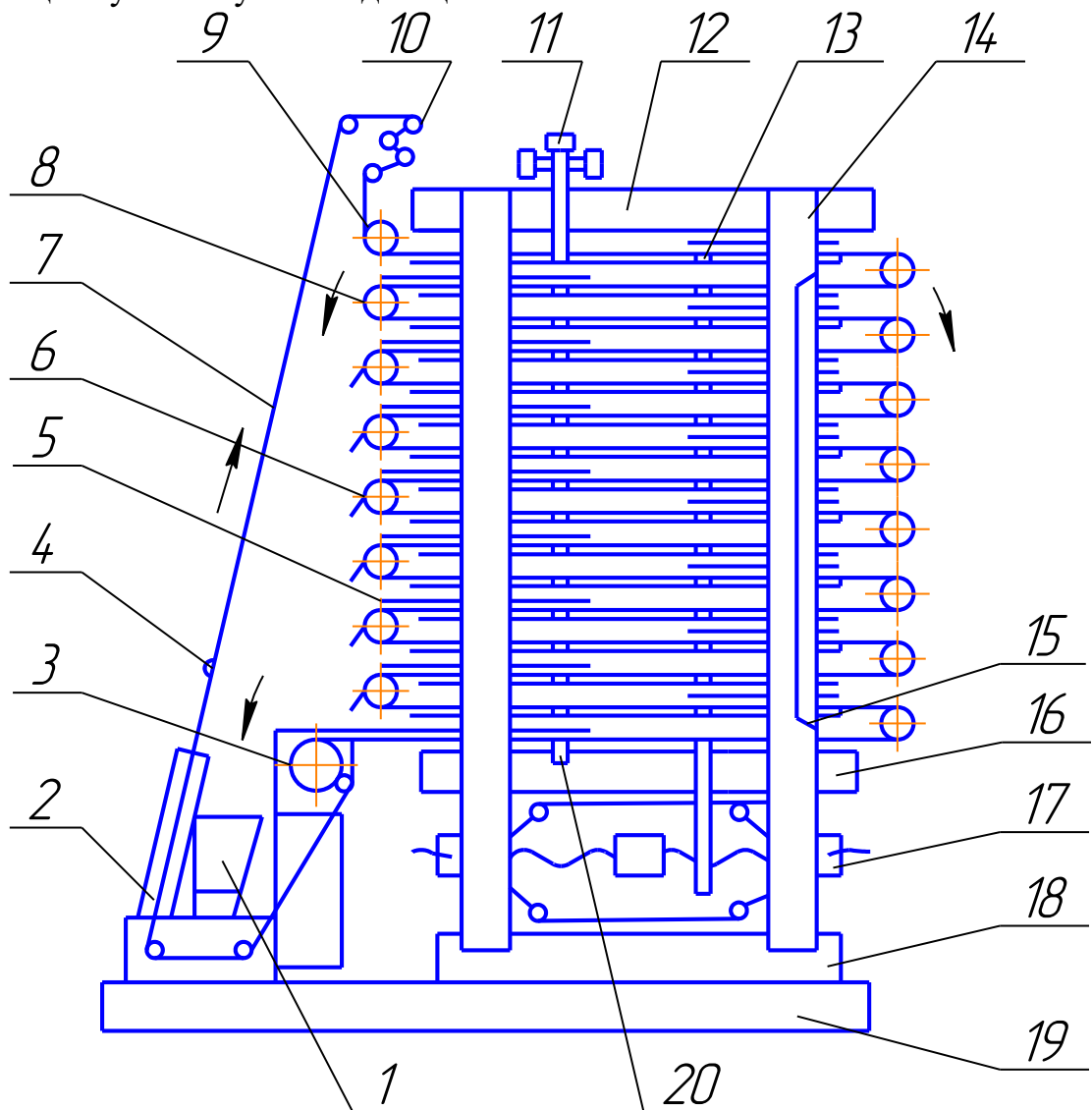


Рисунок 1.1 – Схема фільтр-преса ФПАКМ

1 – тачка, 2 – камера регенерації, 3 – привід пересування тканини, 4 – пристрій для регулювання тканини, 5 – фільтруюча плита, 6 – ролик тканини, 7 – фільтрувальна тканина, 8 – ніж для знімання осаду, 9 – верхній ролик, 10 – натяжний пристрій, 11, 13, 15 – колектори подачі суспензії, відведення фільтрату та тиску, 14 – стяжка, 15, 18 – натискна та опорна плита, 17 – механізм затиску, 19 – рама, 20 – клапан скидання.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.133.22.01.00.00.00 ПЗ

Арк.

16





## 2 Технологічні розрахунки апарату

### 2.1 Матеріальний баланс

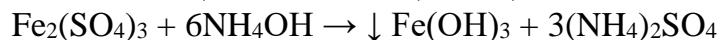
Для вибору якісного обладнання (пресу) при виробництві Вуглекислого марганцю з відходів виробництва гідроксінону необхідно провести ряд розрахунків з визначення матеріального та теплового балансів на виробництві всього обладнання

1. Стадія хімічного очищення стічних вод.

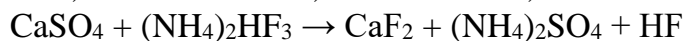
При хімічному очищенні стічних вод йдуть реакції:



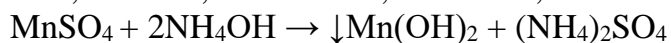
$$303,8 \quad 34 \quad 132,15 \quad 399,85 \quad 70,1$$



$$399,85 \quad 210,3 \quad 213,7 \quad 396,45$$



$$136,15 \quad 94,1 \quad 78,1 \quad 132,15 \quad 20$$



$$151 \quad 70,1 \quad 88,95 \quad 132,15$$

За даними виробництва прихід стічних вод становить 90995 кг/добу, а склад їх наступний:

$\text{MnSO}_4$  – 10,417% чи 9478,95кг

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  – 2,069% чи 1882,7кг

$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  – 0,015% чи 13,65кг

$\text{H}_2\text{SO}_4$  – 1,861% чи 1693,4кг

Хинон – 0,26% чи 236,6кг

$\text{CaSO}_4$  – 0,5% чи 77234,7кг

На реакцію потрібно:

$$\text{Перекису водню} - \frac{34}{303,8} \cdot 13,65 = 1,50\text{кг}$$

$$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 - \frac{132,15}{303,8} \cdot 13,65 = 5,9\text{кг}$$

Після реакції (1) залишається  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

$$1882,7 - 5,9 = 1876,8\text{кг}$$

В результаті реакції утворилося

$$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 - \frac{399,85}{303,8} \cdot 13,65 = 17,8\text{кг}$$

$$\text{NH}_4\text{OH} - \frac{70,1}{303,8} \cdot 13,65 = 3,1\text{кг}$$

На реакцію потрібно:

$$\text{NH}_4\text{OH} - \frac{210,3}{399,85} \cdot 17,8 = 9,4\text{кг}$$

Потрібно додати реакцію

$$\text{NH}_4\text{OH} - 9,4 - 3,1 = 6,3\text{кг}$$

В результаті реакції утворилося

$$\text{Fe}(\text{OH})_3 - \frac{213,7}{399,85} \cdot 17,8 = 9,5\text{кг}$$

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

$$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 - \frac{396,45}{399,85} \cdot 17,8 = 17,6 \text{ кг}$$

Усього виходить  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

$$1876,8 + 17,6 = 1894,4 \text{ кг}$$

На реакцію потрібно:

$$(\text{NH}_4)_2\text{HF}_3 - \frac{94,1}{136,15} \cdot 454,98 = 314,4 \text{ кг}$$

В результаті реакції виходить

$$\text{CaF}_2 - \frac{78,1}{136,15} \cdot 454,98 = 260,9 \text{ кг}$$

$$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 - \frac{132,15}{136,15} \cdot 454,98 = 441,5 \text{ кг}$$

$$\text{HF} - \frac{20}{136,15} \cdot 454,98 = 66,8 \text{ кг}$$

Усього виходить  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  за реакціями

$$441,5 + 1894,4 = 2335,9 \text{ кг}$$

За даними реакції беруть участь 13,07%  $\text{MnSO}_4$  чи  $9478,95 \cdot 0,1307 = 1238,9$  кг, тоді на реакцію потрібно  $\text{NH}_4\text{OH}$

$$\frac{70,1}{151} \cdot 1238,9 = 575,1 \text{ кг}$$

Усього потрібно вводити  $\text{NH}_4\text{OH}$  на всі реакції:

$$6,3 + 575,1 = 581,4$$

В результаті реакції виходить  $\text{Mn}(\text{OH})_2$

$$\frac{88,75}{151} \cdot 1238,9 = 729,8 \text{ кг}$$

Залишилось  $\text{MnSO}_4$

$$9478,95 - 1238,9 = 8240,05 \text{ кг}$$

$$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 - \frac{132,15}{151} \cdot 1238,9 = 1084,2 \text{ кг}$$

У результаті виходить  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

$$1084,2 + 2335,9 = 3420,1 \text{ кг}$$

Потрібно водного аміаку

$$\frac{581,4}{0,25} = 2325,6 \text{ кг}$$

З них води

$$2325,6 - 581,4 = 1744,2 \text{ кг}$$

Усього води буде

$$1744,2 + 77234,7 = 78978,9 \text{ кг}$$

Добовий матеріальний баланс стадії хімічного очищення подаємо у таблиці 1

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Таблиця 1 Добовий матеріальний баланс стадії хімічної очистки

Надходить		Витрата	
Статті приходу	кг/доба	Статті витрати	кг/доба
1. Стічні води	90995	1. Розчин, у тому числі H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Mn SO <sub>4</sub> (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> HF вода	1693,4 8240,05 3420,1 66,8 78978,9
Разом	90995		92399,2
2. Аміячна вода, в тому числі NH <sub>4</sub> OH вода	2325,6 581,4 1744,2	2. Шлам, у тому числі CaFe <sub>2</sub> Mn(OH) <sub>2</sub> Fe(OH) <sub>3</sub>	260,9 729,8 9,5
3. Перекис водню	1,5	3. Активоване вугілля	327,8
4. Біфторид - фторид амонію	314,4	4. Хінон	236,6
5. Активоване вугілля	327,8		
<b>Усього</b>	<b>93964,3</b>	<b>Усього</b>	<b>93964,3</b>

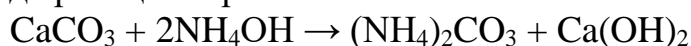
## 2. Стадія приготування розчину карбонату амонію

За даними в реактор приготування розчину надходить вода

- 31990,5 кг/добу

(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> - 4228,0 кг/добаCaCO<sub>3</sub> - 3181,7 кг/доба

Йде реакція за рівнянням



$$100,1 \quad 70,1 \quad 96,1 \quad 74,1$$
Для реакції потрібно NH<sub>4</sub>OH

$$\frac{70,1}{100,1} \cdot 3181,7 = 2228,1 \text{ кг}$$

Водного аміаку

$$\frac{2228,1}{0,25} = 8912,4 \text{ кг}$$

Води виходить

$$8912,4 - 2228,1 = 6684,3 \text{ кг}$$

Усього води буде

$$31990,5 + 6684,3 = 38674,8 \text{ кг}$$

По реакції виходить (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

$$\frac{96,1}{100,1} \cdot 3181,7 = 3054,5 \text{ кг}$$

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Усього  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  виходить  
 $3054,5 + 4425 = 7479,5\text{кг}$

Шламу утворюється

$$\text{Ca}(\text{OH})_2 \quad \frac{74,1}{100,1} \cdot 3181,7 = 2355,3\text{кг}$$

Добовий матеріальний баланс стадії приготування розчину карбонату амонію подаємо у таблиці 2.

Таблиця 2 - Добовий матеріальний баланс стадії приготування розчину карбонату амонію

Прихід		Витрати	
Статті приходу	кг/добу	Статті витрат	кг/добу
1. Вода артезіанська	31990,5	1. Розчин, у тому числі $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ вода	7479,5 38674,8
2. Солі, у тому числі $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ $\text{CaCO}_3$	4425 3181,7		
Усього	7606,7	Усього	46154,3
3. Ам'ячна вода, у тому числі $\text{NH}_4\text{OH}$ вода	2228,1 6684,3	2. Шлам	2355,3
<b>Усього</b>	<b>48509,6</b>	<b>Усього</b>	<b>48509,6</b>

### 3. Стадія осадження

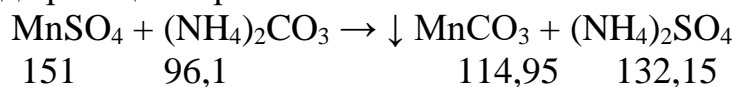
Надходить розчин  $\text{MnSO}_4$ , в тому числі

$\text{MnSO}_4$  - 8240,05кг/доба  
 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  - 3420,1кг/доба  
 $\text{HF}$  - 66,8 кг/доба  
вода - 78978,9 кг/доба  
 Усього - 90705,85 кг/доба

Розчин  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ , в тому числі

$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  - 7479,5 кг/доба  
вода - 38674,8кг/доба  
 Усього - 46154,3 кг/доба

Йде реакція за рівнянням



На реакцію витрачається  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$

$$\frac{96,1}{151} \cdot 8240,05 = 5244,2\text{кг}$$

Залишається  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$

$$7479,5 - 5244,2 = 2235,3\text{кг}$$

Виходить у результаті реакції

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



2. Вода - 27650кг/доба.

Усього - 35905,3кг/доба.

При промиванні за даними втрачається 3,3%  $MnCO_3$  чи  
 $6272,8 \cdot 0,033 = 207$ кг

Виходить  $MnCO_3$

$$6272,8 - 207 = 6065,8 \text{ кг}$$

Води в пасті міститься 27,5% чи

$$\frac{6065,8 \cdot 0,275}{0,725} = 2300,82 \text{ кг}$$

Промивні води

$$27650 + 148,8 + 31,3 + 207 + 1802,4 - 2300,82 = 27538,68 \text{ кг}$$

Добовий матеріальний баланс стадії промивання представляємо в таблиці 4

Таблиця 4 Добовий матеріальний баланс стадії промивання

Прихід		Витрати	
Статті приходу	кг/добу	Статті витрати	кг/доба
1. Паста, в тому числі	8255,3	1. Паста, в тому числі	8366,62
$MnCO_3$	6272,8	$MnCO_3$	6065,8
$(NH_4)_2SO_4$	148,8	вода	2300,82
$(NH_4)_2CO_3$	31,3	2. Промивні води, в тому числі	27538,6
вода	1802,4	$MnCO_3$	207
2. Вода знесолена	27650	$(NH_4)_2SO_4$	148,8
		$(NH_4)_2CO_3$	31,1
		вода	27051,7
<b>Усього</b>	<b>35905,3</b>	<b>Усього</b>	<b>35905,3</b>

5. Стадія сушіння

На стадії сушіння втрати  $MnCO_3$  складають 2,3% чи  
 $6065,8 \cdot 0,023 = 139,5$  кг/доба.

Залишається в пасті  $MnCO_3$

$$6065,8 - 139,5 = 5926,3 \text{ кг/доба}$$

Води у пасті  $MnCO_3$  залишається 6% чи

$$\frac{5926,3 \cdot 0,06}{0,94} = 378,3 \text{ кг}$$

Тоді  $MnCO_3$  виходить

$$5926,3 + 378,3 = 6304,6 \text{ кг}$$

Випаровується води

$$2300,82 - 378,3 = 1922,52 \text{ кг}$$

Добовий матеріальний баланс стадії сушіння подаємо в таблиці 5

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Таблиця 5 Добовий матеріальний баланс стадії сушіння

Прихід		Витрати	
Статті приходу	кг/доба	Статті витрати	кг/доба
1. Паста $MnCO_3$ , в тому числі $MnCO_3$ вода	8366,62	1. Паста $MnCO_3$ , в тому числі	6304,6
	6065,8	$MnCO_3$	378,3
	2300,82	вода	5926,3
		2. Витрати, в тому числі $MnCO_3$ вода	2062,02
			139,5
			1922,5
<b>Усього</b>	8366,62	<b>Усього</b>	8366,6

## 2.2 Теплові розрахунки

*Тепловий розрахунок реактора хімічного очищення*

Тепловий баланс стадії хімічної очистки стічних вод записується рівнянням

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 = Q_7 + Q_8 + Q_9, \quad (2.1)$$

де:

$Q_1$  – тепло, що вноситься стічними водами, кВт, що визначається за формулою

$$Q_1 = G_1 \cdot C_1 \cdot T_1, \quad (2.2)$$

тут:

$$G_1 = 90995 \frac{\text{кг}}{\text{добу}} = \frac{90995}{6 \cdot 24 \cdot 3600} = 0,175 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

- надходження стічних вод за матеріальним балансом,

6 – кількість операцій хімічного очищення на добу,

$C_1 = 4,04 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$  - питома теплоємність стічних вод за даними ШЗХР,

$T_1 = 40^\circ\text{C} = 313\text{K}$  – температура стічних вод.

Тоді:

$$Q_1 = 0,175 \cdot 4,04 \cdot 313 \cong 224 \text{ кВт}$$

$Q_2$  - тепло, що вноситься аміачною водою, кВт, визначається за формулою

$$Q_2 = G_2 \cdot C_2 \cdot T_2, \quad (2.3)$$

де:

$$G_2 = 2325,6 \frac{\text{кг}}{\text{доба}} = \frac{2325,6}{6 \cdot 24 \cdot 3600} = 26,9 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$
 - прихід аміачних вод,

6 – кількість операцій хімічного очищення на добу,

$C_2 = 4,32 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$  - питома теплоємність аміачної води,

$T_2 = 18^\circ\text{C} = 291\text{K}$  – температура аміачної води.

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Тоді:

$$Q_2 = 26,9 \cdot 10^{-3} \cdot 4,32 \cdot 291 = 33,8 \text{ кВт}$$

$Q_3$  – тепло, що вноситься перекисом водню, кВт, що визначається за формулі

$$Q_3 = G_3 \cdot C_3 \cdot T_3, \quad (2.4)$$

де:

$$G_3 = \frac{1,5}{6 \cdot 24 \cdot 3600} = 17,4 \cdot 10^{-6} \frac{\text{кг}}{\text{с}} - \text{прихід перекису водню за матеріальним балансом,}$$

6 – кількість операцій на добу,

$$C_3 = 2,62 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} - \text{питома теплоємність перекису водню,}$$

$T_3 = 18^\circ\text{C} = 291\text{K}$  – температура перекису водню.

Тоді:

$$Q_3 = 17,4 \cdot 10^{-6} \cdot 2,62 \cdot 291 = 13,2 \cdot 10^{-3} \text{ кВт}$$

$Q_4$  – тепло, що вноситься активованим вугіллям, кВт, що визначається за формулою

$$Q_4 = G_4 \cdot C_4 \cdot T_4, \quad (2.5)$$

де:

$$G_4 = \frac{327,8}{24 \cdot 3600} = 3,8 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{с}} - \text{прихід активованого вугілля,}$$

$$C_4 = 1,34 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} - \text{питома теплоємність активованого вугілля,}$$

$T_4 = 18^\circ\text{C} = 291\text{K}$  – температура активованого вугілля.

Тоді:

$$Q_4 = 3,8 \cdot 10^{-3} \cdot 1,34 \cdot 291 = 1,48 \text{ кВт}$$

$Q_5$  – тепло вноситься біфторид-фторид амонію, кВт, що визначається за формулою

$$Q_5 = G_5 \cdot C_5 \cdot T_5, \quad (2.6)$$

де:

$$G_5 = \frac{314,4}{24 \cdot 3600} = 3,64 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{с}} - \text{прихід біфторид-фторид амонію,}$$

$$C_5 = 3,02 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} - \text{питома теплоємність біфторид-фторид амонію,}$$

$T_5 = 18^\circ\text{C} = 291\text{K}$  – температура біфторид-фторид амонію

Тоді:

$$Q_5 = 3,64 \cdot 10^{-3} \cdot 3,02 \cdot 291 = 3,19 \text{ кВт}$$

$Q_6$  – тепло, що вноситься парою, що гріє, кВт, підлягає визначенню.

$Q_7$  – тепло, що відноситься реакційною масою, кВт, що визначається за формулою

$$Q_7 = G_7 \cdot C_7 \cdot T_7, \quad (2.7)$$

де:

$$G_7 = \frac{93963,8}{24 \cdot 3600} = 1,09 \frac{\text{кг}}{\text{с}} - \text{витрата реакційної маси за даними ШЗХР,}$$

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$C_7 = 4,63 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$  - питома теплоємність реакційної маси за даними ШЗХР,  
 $T_7 = 85^\circ\text{C} = 358\text{K}$  – Температура реакційної маси.

Тоді:

$$Q_7 = 1,09 \cdot 4,63 \cdot 358 = 1806,72 \text{кВт}$$

$Q_8$  – тепло витрачається на нагрівання апарату масою, кВт, що визначається за формулою

$$Q_8 = G_8 \cdot C_8 \cdot \Delta T, \quad (2.8)$$

де:

$G_8 = 13827 \text{кг}$  - маса апарату за даними заводу-виробника,

$C_8 = 0,5 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$  - питома теплоємність сталі,

$$\Delta T = 85 - 18 = 67^\circ\text{C} = 67\text{K},$$

де:

$18^\circ\text{C}$  – початкова температура апарату,

$85^\circ\text{C}$  – кінцева температура апарату.

Тоді:

$$Q_8 = \frac{1382,7}{3600} \cdot 0,5 \cdot 67 = 128,66 \text{кВт}$$

$Q_9$  – втрати тепла у навколишнє середовище, кВт, що визначається за формулою

$$Q_9 = \alpha \cdot F \cdot \Delta t, \quad (2.9)$$

де:

$\alpha$  – загальний коефіцієнт тепловіддачі, який визначається за формулою Лінчевського – формула

$$\alpha = 9,74 + 0,07 \cdot \Delta t, \quad (2.10)$$

тут:

$\Delta t$  – різницю температури поверхні апарату та навколишнього повітря, К

$$\alpha = 9,74 + 0,07 \cdot (45 - 18) = 11,63 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

$F = 25,5 \text{м}^2$  – зовнішня поверхня апарату за даними заводу-виробника.

Тоді

$$Q_9 = 11,63 \cdot 10^{-3} \cdot 25,5 \cdot (45 - 18) = 8,1 \text{кВт}$$

Тоді кількість тепла, яке треба підвести до апарату, визначається за формулою

$$Q_6 = Q_7 + Q_8 + Q_9 - Q_1 - Q_2 - Q_3 - Q_4 - Q_5 \quad (2.11)$$

$$Q_6 = 1806,72 + 128,66 + 8,1 - 1332 - 33,8 - 13,2 \cdot 10^{-3} - 1,48 - 3,19 = 573 \text{кВт}$$

Необхідну поверхню теплообміну  $F$  знайдемо за формулою

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}}, \quad (2.12)$$

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

де:

$Q = Q_{\gamma}$  – тепловий потік (витрата теплоти, що передається), Вт,

$K$  – коефіцієнт тепловіддачі,  $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$

$K = 230 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$  по даним ШЗХР,

$\Delta t_{cp}$  – середня різниця температур гарячого та холодного теплоносія, К

Середню різницю температур при використанні водяної пари тиском 0,3 МПа (132,9 °С) визначаємо за формулою

$$132,9^{\circ}\text{C} \rightarrow 132,9^{\circ}\text{C}$$

$$\underline{85^{\circ}\text{C}} \leftarrow \underline{40^{\circ}\text{C}}$$

$$\Delta t_m = 47,9 \quad \Delta t_6 = 92,9$$

$$\frac{\Delta t_6}{\Delta t_m} = \frac{92,9}{47,9} < 2$$

Отже

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_m + \Delta t_6}{2} = \frac{47,9 + 92,9}{2} = 70,4^{\circ}\text{C} = 70,4\text{K}$$

Тоді

$$F = \frac{573 \cdot 10^3}{230 \cdot 70,4} = 35,38\text{m}^2$$

Оскільки операція хімічистки відбувається у двох реакторах з площею теплообміну  $25,5\text{m}^2$ , то витрата пари на операцію хімічного очищення визначається за формулою

$$G_n = \frac{Q}{r} \text{ кг/с} \quad (2.13)$$

де:

$r = 2171 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$  - питома теплота конденсації водяної пари табл. LVII [4]

Тоді

$$G_n = \frac{573}{2171} = 0,264 \text{ кг/с}$$

*Тепловий розрахунок реактора*

Рівняння теплового балансу для стадії приготування розчину карбонату амонію має вигляд

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = Q_5 + Q_6 + Q_7, \quad (2.14)$$

де:

$Q_1$  – тепло, що вноситься вуглеамонистою сіллю, кВт, що визначається за формулою

$$Q_1 = G_1 \cdot C_1 \cdot T_1, \quad (2.15)$$

тут:

$$G_1 = 7606,7 \frac{\text{кг}}{\text{доба}} = \frac{7606,7}{24 \cdot 3600} = 0,09 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

- прихід солей за

матеріальним балансом,

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

$C_1 = 1,8 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$  - питома теплоємність вуглеамонистої солі за даними

ШЗХР,

$T_1 = 18^\circ\text{C} = 291\text{K}$  – температура солі.

Тоді:

$$Q_1 = 0,09 \cdot 1,8 \cdot 291 = 46,1 \text{кВт}$$

$Q_2$  - тепло, що вноситься артезіанською водою, кВт, що визначається за формулою

$$Q_2 = G_2 \cdot C_2 \cdot T_2, \quad (2.16)$$

де:

$G_2 = 31990,5 \frac{\text{кг}}{\text{доба}} = \frac{31990,5}{24 \cdot 3600} = 0,37 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$  - прихід артезіанської води за

матеріальним балансом,

$C_2 = 4,18 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$  - питома теплоємність артезіанської води ,

$T_2 = 10^\circ\text{C} = 283\text{K}$  – температура артезіанської води.

Тоді:

$$Q_2 = 0,37 \cdot 4,18 \cdot 283 = 437,7 \text{кВт}$$

$Q_3$  - тепло, що вноситься аміачною водою, кВт, що визначається за формулою

$$Q_3 = G_3 \cdot C_3 \cdot T_3, \quad (2.17)$$

де:

$G_3 = 2228,1 \frac{\text{кг}}{\text{доба}} = \frac{2228,1}{24 \cdot 3600} = 0,025 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$  - прихід аміачної води за

матеріальним балансом,

$C_3 = 4,32 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$  - питома теплоємність аміачної води,

$T_3 = 18^\circ\text{C} = 291\text{K}$  – температура аміачної води.

Тоді:

$$Q_3 = 0,025 \cdot 4,32 \cdot 291 = 32,42 \text{кВт}$$

$Q_4$  – тепло, що вноситься парою, що гріє, кВт, підлягає визначенню.

$Q_5$  – тепло віднесене реакційною масою, кВт, що визначається за формулою

$$Q_5 = G_5 \cdot C_5 \cdot T_5, \quad (2.18)$$

де:

$G_5 = 48509,6 \frac{\text{кг}}{\text{доба}} = \frac{48509,6}{24 \cdot 3600} = 0,56 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$  - витрата реакційної маси за даними

ШЗХР,

$C_5 = 3,32 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$  - питома теплоємність реакційної маси за даними ШЗХР,

$T_5 = 35^\circ\text{C} = 308\text{K}$  – температура реакційної маси.

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Тоді:

$$Q_5 = 0,56 \cdot 3,32 \cdot 308 = 572,6 \text{кВт}$$

$Q_6$  – тепло витрачається на нагрівання апарату, кВт, що визначається за формулою

$$Q_6 = G_6 \cdot C_6 \cdot \Delta T, \quad (2.19)$$

де:

$G_6 = 10004 \text{кг}$  - маса апарату за даними заводу-виробника,

$C_6 = 0,5 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$  - питома теплоємність сталі,

$$\Delta T = 35 - 18 = 17^\circ\text{C} = 17\text{К},$$

Тоді:

$$Q_6 = \frac{10004}{3600} \cdot 0,5 \cdot 17 = 23,6 \text{кВт}$$

$Q_7$  – втрати тепла у навколишнє середовище, кВт, що визначаються за формулою

$$Q_7 = \alpha \cdot F \cdot \Delta t, \quad (2.20)$$

де:

$\alpha$  – загальний коефіцієнт тепловіддачі, який визначається за формулою Лінчевського – формула 4.71

$$\alpha = 9,74 + 0,07 \cdot \Delta t, \quad (2.21)$$

тут:

$\Delta t$  – різницю температури поверхні апарату та навколишнього повітря, К

$$\alpha = 9,74 + 0,07 \cdot (35 - 18) = 10,93 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

$F = 22 \text{м}^2$  – зовнішня поверхня апарату за даними заводу-виробника.

Тоді

$$Q_7 = 10,93 \cdot 10^{-3} \cdot 22 \cdot (45 - 18) = 6,49 \text{кВт}$$

Кількість тепла, яке треба підвести до апарату, визначається за формулою

$$Q = Q_4 = Q_5 + Q_6 + Q_7 - Q_1 - Q_2 - Q_3 \quad (2.22)$$

$$Q_4 = 572,6 + 23,6 + 6,49 - 46,1 - 437,7 - 32,42 = 86,79 \text{кВт}$$

Необхідну поверхню теплообміну  $F$  знайдемо за формулою

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}}, \quad (2.23)$$

де:

$Q = Q_4$  – тепловий потік, Вт,

$K$  – коефіцієнт тепловіддачі,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$

$K = 290 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$  по даним ШЗХР,

$\Delta t_{cp}$  – середня різниця температур гарячого та холодного теплоносія, К

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Середню різницю температур при використанні водяної пари тиском 0,3 МПа (132,9 °С) визначаємо за формулою

$$\begin{aligned} 132,9^{\circ}\text{C} &\rightarrow 132,9^{\circ}\text{C} \\ 35^{\circ}\text{C} &\leftarrow 10^{\circ}\text{C} \\ \Delta t_m &= 97,9 \quad \Delta t_6 = 122,9 \end{aligned}$$

Співвідношення

$$\frac{\Delta t_6}{\Delta t_m} = \frac{122,9}{97,9} < 2,$$

Тому

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_m + \Delta t_6}{2} = \frac{97,9 + 122,9}{2} = 110,4^{\circ}\text{C} = 110,4\text{K}$$

Тоді

$$F = \frac{86,79 \cdot 10^3}{290 \cdot 110,4} = 2,72\text{m}^2$$

Отже поверхня вибраного апарату із запасом забезпечує необхідні параметри техпроцесу.

Витрата пари, що гріє, на операцію приготування розчину карбонату амонію складе

$$G_n = \frac{Q}{r} \text{ кг / с} \quad (2.24)$$

де:

$$r = 2171 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} - \text{питома теплота конденсації водяної пари табл. LVII [4]}$$

Тоді

$$G_n = \frac{86,79}{2171} = 0,04 \text{ кг / с}$$

*Тепловий розрахунок теплообмінника*

Потрібну поверхню теплообміну знайдемо з основного рівняння тепловіддачі

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}}, \quad (2.25)$$

де:

Q - теплове навантаження апарату, Вт, визначається за формулою

$$Q = G \cdot C \cdot \Delta T, \quad (2.26)$$

де:

$G = 92399,2 \frac{\text{кг}}{\text{доба}} = \frac{92399,2}{24 \cdot 3600} = 1,07 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$  - витрата розчину  $\text{MnSO}_4$  за даними матеріального балансу,

$C = 4,63 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$  - питома теплоємність реакційної маси,

$$\Delta T = 85 - 30 = 55^{\circ}\text{C} = 55\text{K},$$

Тоді:

$$Q = 1,07 \cdot 4,63 \cdot 55 = 272,47 \text{кВт}$$

$K = 230 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{K}}$  - коефіцієнт тепловіддачі за даними ШЗХР

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\Delta t_{cp}$  – середня різниця температур гарячого та холодного теплоносія, К

$$\begin{array}{ccc} 85^{\circ}\text{C} & \xrightarrow{\text{раствор MnSO}_4} & 30^{\circ}\text{C} \\ & \xleftarrow{\text{Охлажд. вода}} & \\ 18^{\circ}\text{C} & & 10^{\circ}\text{C} \\ \Delta t_{\delta}=67^{\circ}\text{C} & & \Delta t_{m}=30^{\circ}\text{C} \end{array}$$

відношення до

$$\frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{m}} = \frac{67}{20} > 2$$

Тому середню різницю температур визначаємо за формулою 4.78

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{m}}{2,3 \cdot lq \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{m}}} \quad (2.27)$$

або

$$\Delta t_{cp} = \frac{67 - 20}{2,3 \cdot lq \frac{67}{20}} = 39,2^{\circ}\text{C} = 39,2\text{K}$$

Тоді

$$F = \frac{272,47 \cdot 10^3}{230 \cdot 39,2} = 30,22\text{m}^2$$

Витрата охолодної води буде

$$G_2 = \frac{Q}{C \cdot \Delta T} \frac{\text{кг}}{\text{с}}, \quad (2.28)$$

де:

$C = 4,18 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$  - ділова теплоємність води

$$G_2 = \frac{272,47}{4,18 \cdot (18 - 10)} = 8,14 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

*Тепловий розрахунок сушарки*

Рівняння теплового балансу при сушінні пасти  $\text{MnCO}_3$  має вигляд

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5, \quad (2.29)$$

де:

$Q_1$  – тепло, що вноситься теплоносієм (паром), кВт,

$Q_2$  – тепло витрачається на підігрів пасти, кВт, що визначається за формулою

$$Q_2 = G_2 \cdot C_2 \cdot \Delta T_2, \quad (2.30)$$

де:

$G_2 = 8366,62 \frac{\text{кг}}{\text{доба}} = \frac{8366,62}{24 \cdot 3600} = 0,096 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$  - витрата пасти за даними

матеріального балансу,

$C_2 = 2,05 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$  - питома теплоємність пасти  $\text{MnCO}_3$  за даними ШЗХР,

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

$$\Delta T_2 = 65 - 30 = 35^\circ\text{C} = 35\text{K},$$

Тоді:

$$Q_2 = 0,096 \cdot 2,05 \cdot 35 = 6,89\text{кВт}$$

$Q_3$  – витрата тепла на нагрівання апарату, кВт, що визначається за формулою

$$Q_3 = G_3 \cdot C_3 \cdot \Delta T_3, \quad (2.31)$$

де:

$G_3 = 11292\text{кг}$  - маса апарату за даними заводу-виробника,

$C_3 = 0,5 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$  - питома теплоємність сталі,

$$\Delta T_3 = 65 - 18 = 47^\circ\text{C} = 47\text{K},$$

Тоді:

$$Q_3 = \frac{11292}{3600} \cdot 0,5 \cdot 47 = 73,7\text{кВт}$$

$Q_4$  – витрата тепла на випаровування вологи, кВт, що визначається за формулою

$$Q_4 = W \cdot r, \quad (2.32)$$

де:

$W = 1922,52 \frac{\text{кг}}{\text{доба}} = \frac{1922,52}{24 \cdot 3600} = 0,022 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$  - кількість випаровуваної вологи за даними матеріального балансу,

$r = 2345,2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$  - питома теплота пароутворення за  $65^\circ\text{C}$  – табл. LVI [4]

Тоді

$$Q_4 = 0,022 \cdot 2345,2 = 51,6\text{кВт}$$

$Q_5$  – втрати тепла у навколишнє середовище, кВт, що визначається за формулою

$$Q_5 = \alpha \cdot F \cdot \Delta t, \quad (2.33)$$

де:

$\alpha$  – загальний коефіцієнт тепловіддачі, який визначається за формулою Лінчевського – формула

$$\alpha = 9,74 + 0,07 \cdot \Delta t, \quad (2.34)$$

тут:

$\Delta t$  – різницю температури поверхні апарату та навколишнього повітря, К

$$\alpha = 9,74 + 0,07 \cdot (45 - 18) = 11,63 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

$F = 14\text{м}^2$  - Поверхня апарату за даними заводу-виробника.

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32



Тоді

$$Q_5 = 11,63 \cdot 10^{-3} \cdot 14 \cdot (45 - 18) = 4,4 \text{ кВт}$$

Тоді

$$Q_1 = 6,89 + 73,7 + 51,6 + 4,4 \cong 136,6 \text{ кВт}$$

Витрата пари складе

$$G_n = \frac{Q}{r} \text{ кг/с} \quad (2.35)$$

де:

$$r = 2171 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} - \text{питома теплота конденсації водяної пари табл. LVII [3]}$$

Тоді

$$G_n = \frac{136,6}{2171} = 0,063 \text{ кг/с}$$

### 2.3 Конструктивні розрахунки

Розрахунок кількості фільтр-пресів. [2]

Продуктивність фільтра за фільтратом

$$Q = \frac{166092,18}{1,12 \cdot 10^3 \cdot 24 \cdot 60} = 0,102 \text{ м}^3/\text{хв},$$

$\rho_{\text{ф}} = 1,12 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$  – щільність фільтрату

$C_1 = 0,037 \text{ кг/кг}$  – концентрація сухої речовини у суспензії

$C_2 = 0,72 \text{ кг/кг}$  – концентрація сухої речовини в осаді

$\rho_0 = 2,51 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$  – щільність суспензії

$\mu = \mu_{\text{пр}} = 0,915 \cdot 10^{-6} \text{ кгс} \cdot \text{хв/м}^2$  – динамічна в'язкість фільтрату

$R_0 = 1,065 \cdot 10^{10} \text{ 1/м}$  – питомий опір фільтруючої перегородки

$S = 0,88$  – ступінь стиснення осаду

$r_m^1 = 7,84 \cdot 10^7$  – середній масовий питомий опір незжимного осаду

$K = 4$  – константа промивання

$\sigma_1 = 15 \cdot 10^{-3} \text{ г/м}^3$  – початкова концентрація розчиненої речовини у промивній рідині

$\sigma_2 = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ г/м}^3$  – кінцева концентрація розчиненої речовини у промивній рідині

$\sigma_{\text{в}} = 10 \text{ хв}$

Кількість фільтрату на добу буде (див. табл. 3, 4, 5):

$$138553,5 + 35905,03 - 8366,2 = 166092,18 \text{ кг/добу.}$$

Питомий опір осаду визначається за формулою

$$r_m = r_m^1 \cdot p^s \quad (2.36)$$

$$r_m = 7,84 \cdot 10^7 \cdot (3,5 \cdot 10^4)^{0,88} = 0,746 \cdot 10^{12} \text{ м/кг}$$

Тут  $p$  – перепад тиску

Кількість твердої фази фільтрату, що відкладається на фільтрі  $1 \text{ м}^3$ , визначаємо за формулою

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

$$C = \frac{\rho_{\phi}}{\frac{1}{C_1} - \frac{1}{C_2}} \quad (2.37)$$

$$C = \frac{1,12 \cdot 10^3}{\frac{1}{0,037} - \frac{1}{0,72}} = 38,3 \text{ кг} / \text{м}^3$$

Об'єм вологого осаду фільтрату, що облягає  $1 \text{ м}^3$ , визначаємо за формулою

$$U = \frac{1 - C_2 \cdot \left(1 - \frac{\rho_{\phi}}{\rho_c}\right)}{\frac{C_2}{C_1} - 1} \quad (2.38)$$

$$U = \frac{1 - 0,72 \cdot \left(1 - \frac{1,12 \cdot 10^3}{2,51 \cdot 10^3}\right)}{\frac{0,72}{0,037} - 1} = 0,0354 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

Константи рівнянь фільтрації та промивання знайдемо за формулами

$$\epsilon_1 = \frac{\mu \cdot r_m \cdot c}{2p} \quad (2.39)$$

$$\epsilon_1 = \frac{0,915 \cdot 10^{-6} \cdot 0,764 \cdot 10^{12} \cdot 38,3}{2 \cdot 3,5 \cdot 10^4} = 4,66 \cdot 10^2 \text{ хв} / \text{м}^2$$

$$\epsilon_2 = \frac{\mu_{np} \cdot r_m \cdot c \cdot U \cdot n^2 \cdot \ln \frac{\sigma_1}{\sigma_2}}{K \cdot P_{np}} \quad (2.40)$$

$$\epsilon_2 = \frac{0,915 \cdot 10^{-6} \cdot 0,764 \cdot 10^{12} \cdot 38,3 \cdot 0,0354 \cdot 2^2 \cdot \ln \frac{15 \cdot 10^{-3}}{0,1 \cdot 10^{-3}}}{4 \cdot 3,5 \cdot 10^4} = 1,65 \cdot 10^2 \text{ хв} / \text{м}^2$$

$$K_1^I = 4,66 \cdot 10^2 + 1,65 \cdot 10^2 = 6,31 \cdot 10^2 \text{ хв} / \text{м}^2$$

$$K_2^I = 2 \cdot 4,66 \cdot 10^2 + 1,65 \cdot 10^2 = 10,97 \cdot 10^2 \text{ хв} / \text{м}^2$$

$$V_0 = \frac{R}{r_m \cdot C} \quad (2.41)$$

$$V_0 = \frac{1,065 \cdot 10^{10}}{0,764 \cdot 10^{12} \cdot 38,3} = 3,65 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 / \text{хв}$$

Максимальна продуктивність фільтр-пресу за фільтратом визначається за формулою

$$Q_{\max} = \frac{F_1}{2 \cdot \sqrt{K_1^I \cdot \tau_e + K_2^I \cdot V_0^1}} \quad (2.42)$$

$$Q_{\max} = \frac{10}{2 \cdot \sqrt{6,31 \cdot 10^2 \cdot 10 + 10,97 \cdot 10^2 \cdot 3,65 \cdot 10^{-4}}} = 0,061$$

Необхідна кількість фільтр-пресів з поверхнею фільтрації  $10 \text{ м}^2$  визначається за формулою

					<i>6.133.22.01.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

$$n = \frac{Q}{Q_{\max}} \quad (2.43)$$

$$n = \frac{0,102}{0,061} = 1,67$$

Приймаємо фільтр-прес із наступними характеристиками

1. Поверхня фільтрації	10м <sup>2</sup>
2. Робочий тиск	1,2Мпа
3. Кількість плит	12
4. Потужність двигунів, кВт	
4.1 Механізму затиску	5
4.2 Приводу пересування тканини	3
4.3 Маслонасосна станція	1,5
4.4 Водонасосна станція	17
5. Габарити, мм	3375x2000x3525
6. Маса, кг	7730

#### 2.4 Гідравлічні розрахунки

##### Розрахунок колектора подачі

Визначаємо об'єм суспензії, яку необхідно подати за час заповнення фільтр-пресу:

$$V_{\phi} = F_{\phi} \times h \times n, \quad (2.44)$$

де:

$F_{\phi} = 0,83\text{м}^2$  – поверхня фільтрації плити;

$h = 0,035\text{м}$  – висота осадка;

$n = 12$  – кількість плит.

$$V_{\phi} = 0,83 \times 0,035 \times 12 = 0,349\text{м}^3.$$

Враховуючи обсяг колектора, приймаємо  $V_{\phi} = 0,5\text{м}^3$ .

Необхідна продуктивність:

$$V = \frac{V}{t} \quad (2.45)$$

де:

$t = 25\text{с}$  – час заповнення фільтр-преса.

$$V = \frac{0,5}{25} = 0,02\text{м}^3/\text{с} = 20\text{л}/\text{с}$$

Швидкість перебігу суспензії колектором:

$$w = \frac{V}{F} \quad (2.46)$$

$$w = \frac{0,02}{0,785 \times 0,1^2} = 2,55 \text{ м}/\text{с}$$

де:

0,1м – діаметр колектора.

Витрата суспензії через канали входу в плиту:

										Арк.
										35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6.133.22.01.00.00.00 ПЗ					

$$V_K = \frac{V}{12} \quad (2.47)$$

$$V_K = \frac{0,02}{12} = 1,66 \times 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}.$$

Площа перерізу каналу входу в плиту:

$$F_K = \frac{V_K}{\omega_K} \text{ м}^2, \quad (2.48)$$

де:

$\omega_K = 1 \text{ м/с}$  – прийнята швидкість суспензії у каналі.

$$F_K = \frac{1,66 \times 10^{-3}}{1} = 1,66 \times 10^{-3} \text{ м}^2.$$

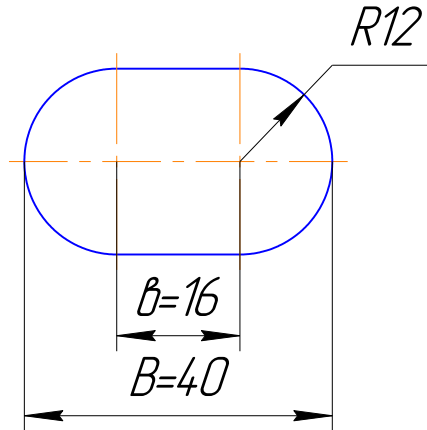


Рисунок 3

$$B = \left( \frac{F_K}{2} - \frac{\pi d^2}{4} \right) / d \quad (2.49)$$

$$B = \left( \frac{1,66 \times 10^{-3}}{2} - \frac{0,024^2 \times 3,14}{4} \right) / 0,024 = 15,8 \text{ м}$$

$$B = 16 + 24 = 40 \text{ м}$$

Динамічний коефіцієнт в'язкості суспензії  $\mu_c = 0,538 \times 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$ .

Щільність суспензії  $\rho = 1120 \text{ кг/м}^3$ .

Число Рейнольдса визначаємо за формулою

$$R_e = \frac{\omega \times d \times \rho}{\mu_c}, \quad (2.50)$$

де:

$\omega$  – швидкість суспензії, м/с;

$d$  – діаметр перерізу, м;

$\rho$  – щільність суспензії, кг/м<sup>3</sup>;

$\mu_c$  – динамічний коефіцієнт в'язкості, Па·с.

$$R_{e1} = \frac{2,55 \times 0,1 \times 1120}{0,538 \times 10^{-3}} = 53085$$

$$R_{e2} = \frac{\omega_K \times d_{\text{эКв}} \times \rho}{\mu_c} \quad (2.51)$$

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Змінювана швидкість суспензії у каналі  $w_K = 1 \text{ м/с}$ .

Еквівалентний діаметр визначаємо за формулою

$$d_{\text{екв}} = \frac{4f}{\Pi}, \quad (2.52)$$

де:

$f$  – площа перерізу каналу,  $\text{м}^2$        $f = F_K$ ;

$\Pi$  – змочений периметр,  $\text{м}$ .

$$\Pi = \pi \times d + 2b \quad (2.53)$$

$$\Pi = 3,14 \times 0,024 + 2 \times 0,016 = 0,1074 \text{ м}$$

$$d_{\text{екв}} = \frac{4 \times 1,66 \times 10^{-3}}{0,1074} = 61,82 \times 10^{-3} \text{ м}$$

$$R_{e2} = \frac{1 \times 61,82 \times 10^{-3} \times 1120}{0,838 \times 10^{-3}} = 128696.$$

Коефіцієнт відносної шорсткості визначаємо за формулою:

$$\Delta = \frac{0,3}{d}, \quad (2.54)$$

де:

$d$ ,  $\text{мм}$  – діаметр труби.

$$\Delta_1 = \frac{0,3}{100} = 0,003$$

$$\Delta_2 = \frac{0,3}{24} = 0,01$$

Коефіцієнт тертя об стінки труби визначаємо по номограмі

$$\lambda_1 = 0,0209, \quad \lambda_2 = 0,0167.$$

Вибираємо значення коефіцієнтів місцевих опорів:

вхід у трубу       $\xi_1 = 0,5$ ;

вихід із труби       $\xi_2 = 1,0$ ;

розширення       $\xi_3 = 0,05$ ;

поворот       $\xi_4 = 0,2$ ;

клапан       $\xi_5 = 3,0$ .

Визначимо величину втрат напору за окремими ділянками комунікації та сумарну втрату напору

$$H_{\text{т1}} = \left( \lambda_1 \times \frac{l_1}{d_1} + \sum \xi \right) \times \frac{\rho \times \omega^2}{2}, \quad (2.55)$$

де:

$$\sum \xi = \xi_1 + \xi_5 + 3\xi_4 \quad (2.56)$$

$$\sum \xi = 0,5 + 3 + 3 \times 0,2 = 4,1$$

$$l_1 = 0,974 + 0,185 + 0,095 = 1,254 \text{ м}$$

$$H_{\text{т1}} = \left( 0,0209 \times \frac{1,254}{0,1} + 4,1 \right) \times \frac{1120 \times 2,55^2}{2} = 15884,1 \text{ Па}$$

$$H_{\text{т2}} = \left( \lambda_2 \times \frac{l_2}{d_2} + \sum \xi \right) \times \frac{\rho \times \omega^2}{2}, \quad (2.57)$$

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

де:

$$\sum \xi = \xi_1 + \xi_2 + \xi_3 = 0,5 + 1 + 0,05 = 1,55,$$

$$l_2 = 0,12 \text{ м}$$

$$H_{\text{П2}} = \left( 0,0167 \times \frac{0,12}{0,024} + 1,55 \right) \times \frac{1120 \times 1^2}{2} = 915 \text{ Па.}$$

Повна втрата напору

$$H_{\text{П}} = H_{\text{П1}} + H_{\text{П2}} = 15884,1 + 915 = 16799,1 \text{ Па}$$

Складемо рівняння Бернуллі для перерізів I – I та II – II.

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho \times g} + \frac{\omega_1^2}{2 \times g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho \times g} + \frac{\omega_2^2}{2 \times g} + \frac{H_{\text{П}}}{\rho \times g}, \quad (2.58)$$

де:

$$Z_1 = 974 + 185 + 95 = 1254 \text{ мм} = 1,254 \text{ м,}$$

$$Z_2 = 0$$

$$1,254 + \frac{P_1}{1120 \times 9,81} + \frac{2,55^2}{2 \times 9,81} = 0 + \frac{1,5 \times 10^6}{1120 \times 9,81} + \frac{1^2}{2 \times 9,81} + \frac{16799,1}{1120 \times 9,81},$$

Звідси  $P_1 = 1,499 \times 10^6 \text{ Па}$ .

Гідравлічний розрахунок показує, що переріз колектора подачі підібрано правильно для наповнення фільтр-преса за 25 с.  $P = 1,499 \times 10^6 \text{ Па}$ .

					<i>6.133.22.01.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

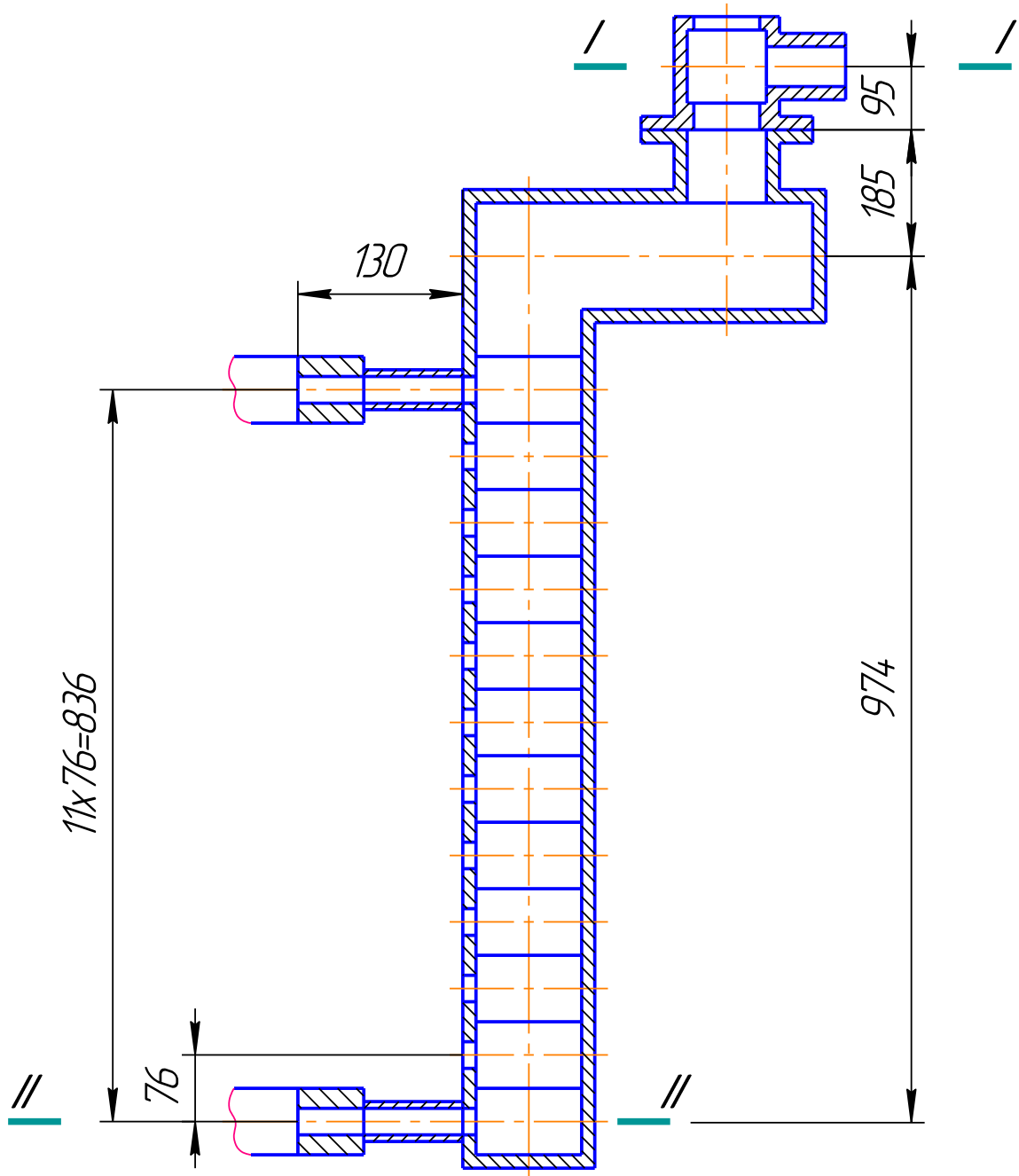


Рисунок 4 – Схема колектора подачі.  
2.5 Розрахунок допоміжного обладнання

1. Збірник аміачної води

Добовий обсяг аміачної води

$$V_c = \frac{11238}{907} = 12,39 \text{ м}^3 / \text{доб},$$

де:

$2325,6 + 8912,4 = 11238$  кг/с – витрата аміачної води з матеріального балансу;

$907 \text{ кг/м}^3$  – густина аміачної води.

Необхідна ємність збірника визначається за формулою

$$V_p = \frac{V_c}{\varphi} \quad (2.59)$$

										6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							39

де:

$\varphi = 0,8$  – коефіцієнт заповнення.

$$V_p = \frac{12,39}{0,8} = 15,48 \text{ м}^3$$

Приймаємо збірку ємністю  $16 \text{ м}^3$  сталь X18H10T, габарити 3375x3730x2010мм.

Занурювальний насос 2ХП-6Х-1-66,  $Q=20 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

2. Збірник стічних вод

Добовий обсяг стічних вод

$$V_c = \frac{90995}{1180} = 77,1 \text{ м}^3/\text{доб},$$

де:

$1180 \text{ кг}/\text{м}^3$  – щільність стічних вод за даними ШЗХР.

Необхідна ємність збірника

$$V_p = \frac{V_c}{\varphi} = \frac{77,1}{0,8} = 96,39 \text{ м}^3$$

З урахуванням цього прийmemo  $V = 100 \text{ м}^3$ , сталь X18H10T,  $D_n = 3000 \text{ мм}$ ,  $L = 11855 \text{ мм}$ ,  $6800 \text{ кг}$ .

3. Бак зовнішній

Добовий обсяг аміачної води на операцію хімоочистки

$$V_c = \frac{2325,6}{907} = 2,56 \text{ м}^3/\text{доб}$$

Прийmemo бак ємністю  $V = 3 \text{ м}^3$ , сталь X18H10T, ВМСт3,  $D = 1200 \text{ мм}$ ,  $H = 3085 \text{ мм}$ , маса  $380 \text{ кг}$ .

4. Бак пергідролу

Бак призначений для пергідролу ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ).

Прийmemo бак об'ємом  $V=0,63 \text{ м}^3$ , матеріал алюміній, габарити  $D=800 \text{ мм}$ ,  $H=1380 \text{ мм}$ , маса  $120 \text{ кг}$ .

5. Мірник

Мірник призначений для відмірювання пергідролу ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ).

Прийmemo ємність обсягом  $V=0,063 \text{ м}^3$ , матеріал алюміній, габарити  $D=550 \text{ мм}$ ,  $H=500 \text{ мм}$ , маса  $32 \text{ кг}$ .

6. Реактор хімоочистки

Добовий обсяг реакційної маси

$$V_c = \frac{93964,3}{1395} = 67,35 \text{ м}^3/\text{доб},$$

де:

$1395 \text{ кг}/\text{м}^3$  – щільність реакційної маси за даними ШЗХР,

$93964,3 \text{ кг}$  – кількість реакційних мас (з матеріального балансу).

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Задаємося об'ємом апарату  $V=16\text{м}^3$ , матеріал сталь Х18Н10Т, габарити 2600х8075мм,  $N=30\text{кВт}$ ,  $n_{\text{мешалки}} = 44\text{об/хв}$ .

Тоді кількість апаратів знайдемо за формулою

$$h = \frac{V_c \cdot (1 + \alpha)}{V_a \cdot \varphi} \quad (2.60)$$

де:

$\alpha = 0,15$  – коефіцієнт запасу продуктивності [2],

$\varphi = 0,75$  – коефіцієнт заповнення,

4 години – тривалість операції хімічистки,

24 години – кількість годин на добу.

$$h = \frac{67,35 \cdot (1 + 0,15) \cdot 4}{24 \cdot 16 \cdot 0,75} = 0,97$$

Приймаємо 2 реактори (один резервний).

7. Насос відцентровий

Прийmemo насос 3Х-9Е-2Д-51,  $Q = 29 \dots 60\text{м}^3/\text{год}$ ,  $H = 26 \dots 35\text{м вод. ст.}$ ,  $\eta = 54\%$ ,  $N_{\text{дв}} = 10 - 17\text{кВт}$ ,  $n = 2900\text{об/хв}$ , габарити 1254х510х475мм.

8. Фільтр-прес

Приймаємо фільтр-прес ФПМ32-630/45К, сталь Х18Н10Т, габарити 4790х1270х1280мм,  $N_{\text{дв}} = 3\text{кВт}$ ,  $n = 1430\text{об/хв}$ , маса 6730кг.

9. Бункер

Об'єм бункера

$$V = \frac{1564,6}{830} = 1,88 \text{ м}^3 / \text{доб},$$

де:

1564,8кг/сут – кількість шламу за матеріальним балансом,

830кг/м<sup>3</sup> – щільність шламу за матеріалами ШЗХР.

Прийmemo обсяг бункера 10м<sup>3</sup>, сталь Х18Н10Т, габарити 4700х1200х3600мм, маса 835кг.

10. Збірник фільтрату

Добовий обсяг фільтрату

$$V_c = \frac{92399,2}{1230} = 75,12 \text{ м}^3 / \text{доб},$$

де:

92399,2кг/доб – кількість фільтрату за матеріальним балансом,

1230кг/м<sup>3</sup> – щільність фільтрату за матеріалами ШЗХР.

Сталь Х18Н10Т, габарити  $D=3456\text{мм}$ ,  $H=4700\text{мм}$ .

11. Вакуум-насос

Приймаємо вакуум-насос типу ВВН-6,  $Q = 6\text{м}^3/\text{мм}$  при 70% вакуума, габарити 1254х540х475.

12. Насос

Приймаємо відцентровий насос 2Х-9Е-2Д-51,  $N = 3\text{кВт}$ ,  $n = 2900\text{об/хв}$ ,  $Q = 12 \dots 29\text{м}^3/\text{год}$ ,  $H = 20 \dots 14\text{м вод. ст.}$ , габарити 1254х540х475мм, маса 124кг.

13. Теплообмінник

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Для охолодження розчину  $MnSO_4$  прийємо теплообмінник  $\frac{800TKB-11-16-56}{25_r-1A}$ , сталь X18H10T, габарити  $D=800mm$ ,  $H=145m$ ,  $F = 74m^2$  [3].

#### 14. Бак напорний

Прийємо для аміачної води ємність бака  $1m^3$ , сталь X18H10T, ВМСтЗ,  $D = 790mm$ ,  $H = 2760mm$ , маса 485кг.

#### 15. Реактор

Добовий обсяг

$$V_c = \frac{48509,6}{1065} = 45,5 \text{ м}^3 / \text{доб},$$

де:

48509,6кг/доб – кількість реакційної маси (з матеріального балансу).

1065кг/м<sup>3</sup> – щільність розчину вуглеамонійної солі за даними ШЗХР.

Задаємося ємністю апарату  $V=10m^3$ , матеріал сталь X18H10T, габарити  $D = 2200mm$ ,  $H = 6832mm$ ,  $N=13кВт$ ,  $n_{\text{мешалки}} = 49\text{об/хв}$ .

Тоді кількість апаратів знайдемо за формулою

$$h = \frac{V_c \cdot (1 + \alpha)}{V_a \cdot \varphi} = \frac{45,5 \cdot (1 + 0,15) \cdot 4}{24 \cdot 10 \cdot 0,75} = 0,69$$

Приймаємо 2 реактори.

#### 16. Насос відцентровий

Приймаємо відцентровий насос 1,5Х-6Е-2В-51,  $N = 4,5кВт$ ,  $n = 2900\text{об/хв}$ ,  $Q=5,4...12m^3/\text{год}$ ,  $H=20...14,5m$  вод. ст., габарити  $1254 \times 540 \times 475mm$ , маса 68кг.

#### 17. Фільтр дисковий

Приймаємо для фільтрації розчину вуглеамонійної солі дисковий фільтр ДуНж 10-0,8к, сталь X18H10T,  $F=10m^2$ , габарити  $1720 \times 2400 \times 1100mm$

#### 18. Вакуум-насос

Приймаємо вакуум-насос типу ВВН-3,  $Q=3m^3/мм$ ,  $N_{дв} = 7,5кВт$ ,  $n = 1450\text{об/хв}$ .

#### 19. Напорний бак

Добовий об'єм розчину вуглеамонійної солі  $V_c = 45,5 \text{ м}^3 / \text{доб}$ . Задаємося ємністю бака  $V_p = 16m^3$ , сталь X18H10T,  $D = 2416mm$ ,  $H = 3900mm$ , маса 3035кг.

Тоді кількість баків буде

$$h = \frac{V_c \cdot (1 + \alpha)}{V_a \cdot \varphi} = \frac{45,5 \cdot (1 + 0,15) \cdot 4}{24 \cdot 16 \cdot 0,75} = 0,73$$

Приймаємо  $n = 1$ .

#### 20. Напірний бак

Добовий об'єм розчину  $MnSO_4$

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

$$V_c = \frac{92399,2}{1230} = 75,12 \text{ м}^3 / \text{доб},$$

де:

92399,2кг/доб – кількість розчину  $\text{MnSO}_4$  ( з матеріального балансу).

1230кг/м<sup>3</sup> – щільність розчину за даними ШЗХР.

Задаємося об'ємом апарату  $V_a=16\text{м}^3$ , сталь X18H10T, D = 2416мм, H = 3900мм, маса 3035кг.

Тоді кількість апаратів буде

$$h = \frac{V_c \cdot (1 + \alpha)}{V_a \cdot \varphi} = \frac{75,12 \cdot (1 + 0,15) \cdot 3}{24 \cdot 16 \cdot 0,75} = 0,87,$$

де:

3 години – тривалість операції,

24 – кількість годин на добу.

Приймаємо  $n = 1$ .

21. Реактор

Розроблено на ШХЗР. Після досвідчених досліджень  $V_p=0,3\text{м}^3$ .

Продуктивність 1,92м<sup>3</sup>/с,  $N_{дв}=1,7\text{кВт}$ ,  $n = 280\text{об/хв}$ , D = 550мм, H = 1280мм

Кількість апаратів визначимо за формулою

$$n = \frac{Q \cdot (1 + \alpha)}{Q_c} = \frac{138553,5 \cdot (1 + 0,15)}{24 \cdot 1,92 \cdot 1214} = 2,48,$$

де:

$Q = 461154,3 + 92399,2=138553,5\text{кг/доб}$  – добовий прихід за матеріальним балансом,

$\alpha = 0,15$  – запас продуктивності,

$Q = 1,92\text{м}^3/\text{с}$  – продуктивність реактора,

1214кг/м<sup>3</sup> – щільність реакційної маси за даними ШЗХР.

Приймаємо  $n = 3$ .

22. Реактор

Задаємося об'ємом апарату  $V_a=8\text{м}^3$ , тоді кількість апаратів буде

$$n = \frac{V_c \cdot (1 + \alpha)}{V_a \cdot \varphi} = \frac{138553,5 \cdot (1 + 0,15) \cdot 3}{24 \cdot 8 \cdot 0,75 \cdot 1214} = 0,94,$$

де:

138553,5кг/доб – добовий прихід за матеріальним балансом,

$\alpha = 0,15$  – коефіцієнт продуктивності,

$\varphi = 0,8$  – коефіцієнт заповнення,

1214кг/м<sup>3</sup> – щільність реакційної маси за даними ШЗХР.

Приймаємо  $n = 1$ .

Сталь X18H10T, D = 2200мм, H = 5595мм, маса 7895кг,  $N_{дв}=5,5\text{кВт}$ ,  $n_m = 31\text{об/хв}$ .

23. Фільтр дисковий

Приймаємо для контрольної фільтрації маткових розчинів дисковий фільтр ДуНж 10-0,8к, сталь X18H10T, F=10м<sup>2</sup>, габарити 1720x2400x1100мм.

24. Реактор

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Вибираємо установку централізованого очищення води,  $Q=50\text{т/добу}$ ,  $N = 73\text{кВт}$ .

36. Збірник пром. вод

Приймаємо ємність збірника  $V=6,3\text{м}^3$ , сталь X18H10T, габарити  $3020\times 3905\times 1600\text{мм}$ . Занурювальний насос 2ХП-6Н-1-66,  $N_{\text{дв}}=5,5\text{кВт}$ ,  $m=1477\text{кг}$ .

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

### 3 Проектно-конструкторська частина

#### 3.1 Вибір конструкційних апаратів [6]

Конструкційний матеріал вибирається, виходячи з властивостей переробленого середовища, тиску і температури. Матеріали за хімічним складом та механічними властивостями повинні задовольняти вимогам державних стандартів та технічним умовам. Якість та характеристики матеріалів повинні підтверджуватись підприємством постачальником у відповідних сертифікатах.

При виробництві вуглекислого марганцю зі стічних вод для виготовлення корпусу апарату внутрішніх пристроїв вибираємо матеріал 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-80. Сталь характеризується гарною корозійною стійкістю в середовищі, рекомендується застосовувати в температурному інтервалі від  $-256^{\circ}\text{C}$  до  $+525^{\circ}\text{C}$  для корпусних елементів, до  $600^{\circ}\text{C}$  - для внутрішніх пристроїв без обмеження тиску. Сталь технологічна, добре зварюється, добре деформується в холодному і гарячому стані, добре обробляється всіма видами різання, характеризується задовільними лінійними властивостями. Технічний склад та механічні властивості представлені в таблиці 6

Таблиця 6 – Хімічний склад та механічні властивості сталі 12Х18Н10Т

C	Mn	Si	Gr	Ni	Cu	Ti	S	P	$E \cdot 10^{-5}$	$\sigma_T$	$\sigma_B$	$\sigma$
%	%	%	%	%	%	%	%	%	МПа	МПа	МПа	%
0,12	2,0	0,8	17 18	2 - 11	0,3	0,8	0,02	0,035	2,1	216	530	40

#### 3.2 Розрахунок на міцність, стійкість та стабільність роботи

##### 3.2.1 Розрахунок механізму затиску

Визначення зусилля затиску.

Зусилля затиску визначаємо з урахуванням деформації деталей фільтр-преса за формулою

$$Q_3 = \alpha \times Q_{\phi} \times Q_2 + G_{п.ч.}, \quad (3.1)$$

де:

$\alpha$  – критерій жорсткості з'єднання;

$G_{п.ч.}$  - вага рухомих частин.

Приймаємо  $G_{п.ч.} = 2500\text{кгс}$ .

Критерій жорсткості сполуки визначаємо за формулою

$$\alpha = \frac{I_{cm} + I_{p.c.}}{I_{cm} + I_{p.c.} + I_{np} + I_{п.п.}} \quad (3.2)$$

де:

$I_{ст}$  – коефіцієнт податливості стяжки, м/Н

$$I_{cm} = \frac{l_{cm}}{F_{cm} \times E_{cm} \times n}, \quad (3.3)$$

де:

$l_{cm}$  – довжина стяжки, м;

$F_{ст}$  – площа поперечного перерізу стяжки,  $\text{м}^2$ ;

$E = 2,1 \times 10^{11}\text{Н/м}^2$  – модуль пружності

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ			Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				46



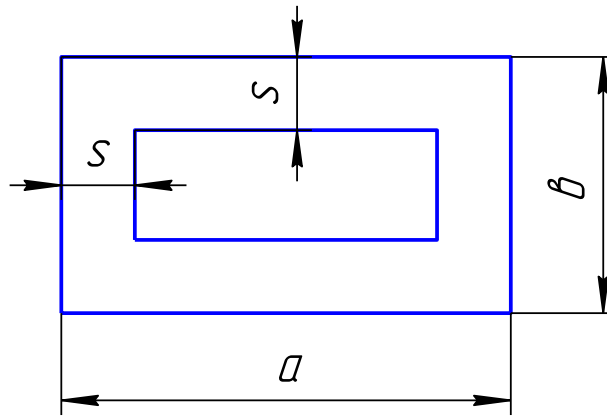


Рисунок 6 – Ескіз рамки.

$a = 1800\text{мм}$ ,  $b = 950\text{мм}$ ,  $s = 15\text{мм}$  (із креслення)

$$l_{np} = (3 \times 2 + 4) \times 12 = 120\text{мм} = 0,12\text{м}$$

$$F_{np} = (a + b - 2s) \times 2s = (1,8 + 0,95 - 2 \times 0,015) \times 2 \times 0,015 = 0,0815\text{м}^2$$

$$I_{np} = \frac{0,12}{4 \times 10^6 \times 8,15 \times 10^{-2}} = 3,68 \times 10^{-7} \text{ м/Н}$$

$I_{тк}$  – коефіцієнт податливості тканини визначаємо за формулою

$$I_{тк} = \frac{l_{тк}}{E_{тк} \times F_{тк}}, \quad (3.8)$$

де:

$E = 2,5 \times 10^8 \text{ Н/м}^2$  – модуль пружності бельтингу

$l_{тк} = 0,2 \times 12 = 2,4 \text{ см}$  – сумарна товщина тканини,

тут

$0,2\text{см}$  – товщина тканини,  $12$  – розрахункова кількість плит.

$$I_{тк} = \frac{2,4 \times 10^{-2}}{2,5 \times 10^8 \times 8,15 \times 10^{-2}} = 1,18 \times 10^{-7} \text{ м/Н}$$

$$I_{нл.п} = \frac{l_{нл.п}}{E_{нл.п} \times F_{нл.п}} \quad (3.9)$$

$$l_{нл.п} = 6,8 \times 12 = 81,6\text{см} = 0,816\text{м}$$

$$E_{нл.п} = 2,1 \times 10^{11} \text{ Н/м}^2$$

$$F_{нл.п} = 182 \times 5 + 90 \times 5 = 1360\text{см}^2 = 0,136\text{м}^2$$

$$I_{нл.п} = \frac{0,816}{2,1 \times 10^{11} \times 0,136} = 2,86 \times 10^{-11} \text{ м/Н}$$

$I_{р.с}$  – коефіцієнт податливості важеля, м/Н, визначаємо за формулою:

$$I_{р.с} = \frac{2 \times l_{р.с}}{E \times F_{р.с} \times n}, \quad (3.10)$$

де:

$E = 2,1 \times 10^{11} \text{ Н/м}^2$  – модуль пружності матеріалу важелів,

$l_{р.с} = 0,52\text{м}$  – довжина важеля механізму затиску,

$F_{р.с} = 0,007\text{м}^2$  – площа перерізу важеля,

					<i>6.133.22.01.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48



$n = 4$  – кількість важелів.

$$I_{p.c} = \frac{2 \times 0,52}{2,1 \times 10^{11} \times 0,007 \times 4} = 1,85 \times 10^{-9} \text{ м/Н.}$$

Критерій жорсткості

$$\alpha = \frac{0,61 \times 10^{-10} + 1,85 \times 10^{-9}}{0,61 \times 10^{-10} + 1,85 \times 10^{-9} + 1,18 \times 10^{-7} + 3,68 \times 10^{-7} + 2,86 \times 10^{-11}} = 0,392 \times 10^{-2} \text{ м/Н}$$

$Q_{cp}$  – зусилля на плиту від тиску фільтрування визначаємо за формулою:

$$Q_{\phi} = P_{\phi} \times F_n, \quad (3.11)$$

де:

$P_{\phi} = 12 \times 10^5 \text{ Н/м}^2$  – робочий тиск фільтрування [ 3 ],

$F_n = (a - 5) \times (b - 5) = (1,8 - 0,015) \times (0,95 - 0,015) = 1,67 \text{ м}^2$  – площа

ПЛИТ

$$Q_{\phi} = 12 \times 10^5 \times 1,67 = 20 \times 10^5 \text{ Н}$$

$Q_r$  – зусилля до створення герметичності (зусилля від стиснення прокладок) визначаємо за такою формулою:

$$Q_z = P_z \times F_{np}, \quad (3.12)$$

де:

$P_r = 3 \times P_{\phi} = 3 \times 12 \times 10^5 = 36 \times 10^5 \text{ Н/м}^2$  – питомий тиск на прокладці для створення герметичності.

Тоді

$$Q_r = 36 \times 10^5 \times 8,15 \times 10^{-2} = 293 \times 10^3 \text{ Н.}$$

Загальне зусилля під час роботи фільтр-преса, що діє на стяжки, знайдемо за формулою

$$Q = Q_{\phi} + Q_r \quad (3.13)$$

$$Q = 20 \times 10^5 + 293 \times 10^3 = 2293 \times 10^3 \text{ Н}$$

Для розрахунку приймаємо  $Q = 23 \times 10^5 \text{ Н.}$

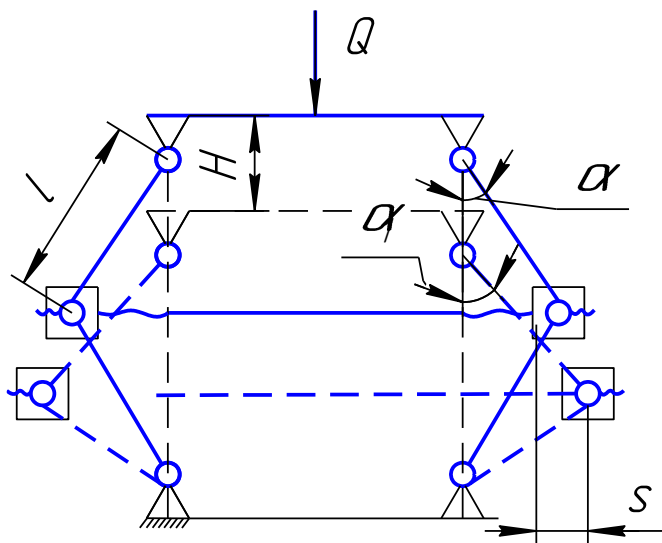


Рисунок 7 – Схема механізму затиску

						6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			49

Хід верхньої плити механізму затиску Н (рис. 3.3),  $\alpha = 10^\circ$ ,  $\alpha_1 = 60^\circ$ ,  
 $l = 520\text{мм}$

$$H = 2 \times l \times (\cos \alpha - \cos \alpha_1) \quad (3.14)$$

$$H = 2 \times 0,52 \times (\cos 10^\circ - \cos 60^\circ) = 0,54\text{м}$$

Хід верхньої плити (розрахунковий) = 45 x 12 = 540мм.

Визначимо хід гайки

$$S = l \times (\sin \alpha_1 - \sin \alpha) \quad (3.15)$$

$$S = 0,52(\sin 60^\circ - \sin 10^\circ) = 0,36\text{ м}$$

Визначимо зусилля у гвинті при фільтруванні

$$Q_B = Q \times \tan \alpha \quad (3.16)$$

$$Q_B = 23 \times 10^5 \times \tan 10^\circ = 4,1 \times 10^5\text{ Н}$$

Приймаємо для гвинта сталь 40Х, для якої

$$[\sigma] = 0,6 \times \sigma_T \quad (3.17)$$

$$[\sigma] = 0,6 \times 7000 \times 10^5 = 4,2 \times 10^8\text{ Н/м}^2$$

Діаметр гвинта знайдемо за формулою

$$d_{BH} = \sqrt{\frac{4 \times Q_B}{\pi \times [\sigma]}} \quad (3.18)$$

$$d_{BH} = \sqrt{\frac{4 \times 4,1 \times 10^5}{3,14 \times 4,2 \times 10^8}} = 0,015\text{ м}$$

Приймаємо гвинт із різьбленням УП 90Х12. Внутрішній діаметр гвинта  $d_{BH} = 69,174\text{мм}$ , а площа перерізу

$$F_{BH} = \frac{\pi \times d_{BH}^2}{4} \quad (3.19)$$

$$F_{BH} = \frac{\pi}{4} \times 0,069174^2 = 3,76 \times 10^{-3}\text{ м}^2$$

Тоді напруга у гвинті становитиме

$$\sigma = \frac{Q_B}{F_{BH}} \quad (3.20)$$

$$\sigma = \frac{4,1 \times 10^5}{3,76 \times 10^{-3}} = 1,17 \times 10^8\text{ Н/м}^2,$$

що менше допустимого  $[\sigma] = 4,2 \times 10^8\text{ Н/м}^2$  [ 4 ]

Час затиску знайдемо за формулою

$$\tau = \frac{S}{t \times n_g}, \quad (3.21)$$

де:

S – хід гайки, м

t – крок гвинта, м

$n_B$  – число оборотів гвинта, 1/сек

$$n_B = \frac{1450}{60 \times 37} = 0,483\text{ 1/сек},$$

де:

1450 об/ хв - число оборотів електродвигуна

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

37 – передавальне число редуктора

$$\tau = \frac{0,36}{0,012 \times 0,483} = 62 \text{ сек}$$

Визначаємо потужність, необхідну для затискання плит з урахуванням тертя.

Зусилля при затиску знайдемо за формулою

$$T = Q_3 \left[ tq\alpha + \frac{f}{\cos \alpha} \times \left( 1 + \frac{r}{l \times \cos \alpha} \right) \right], \quad (3.22)$$

де:

$f = 0,1$  – коефіцієнт тертя,

$r = 0,055\text{м}$  – радіус осі.

$$T = 326 \times 10^3 \times \left[ tq10^\circ + \frac{0,1}{\cos 10^\circ} \times \left( 1 + \frac{0,055}{0,52 \times \cos 10^\circ} \right) \right] \approx 11 \times 10^4 \text{ Н}$$

Крутний момент на гвинті знайдемо за формулою

$$M_{кр} = T \times \frac{d_{ср.в}}{2} \times tq(\gamma + \rho), \quad (3.23)$$

де:

$d_{ср.в} = 81\text{мм}$  – середній діаметр гвинта,

$\gamma$  – кут підйому гвинта

$$\gamma = \arctg \frac{t}{\pi \times d_{ср.в}} \quad (3.24)$$

$$\gamma = \arctg \frac{12}{3,14 \times 81} = 2^\circ 42'$$

$\rho = \arctgf = \arctg 0,1 = 5^\circ 50'$  - кут тертя

$$M_{кр} = 11 \times 10^4 \times \frac{0,081}{2} \times tq(2^\circ 42' + 5^\circ 50') = 565 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Необхідну потужність електродвигуна знайдемо за формулою

$$N_0 = \frac{M_{кр} \times \omega}{\eta}, \quad (3.25)$$

де  $\omega$  - кутова швидкість гвинта,

$$\omega = 2 \times \pi \times n_{в} \quad (3.26)$$

$$\omega = 2 \times \pi \times 0,483 = 3,02 \text{ 1/сек}$$

$\eta = 0,6$  – ККД приводу.

Тоді

$$N_0 = \frac{565 \times 3,02}{0,6} = 2850 \text{ Вт}.$$

Приймаємо коефіцієнт навантаження у момент затиску  $K = 1,25$ .

Тоді

$$N = K \times N_0 \quad (3.27)$$

$$N = 1,25 \times 2,85 = 3,56 \text{ кВт}$$

					<i>6.133.22.01.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

За каталогом вибираємо електродвигун типу АТ 2-41 -4, потужністю 4 кВт, числом оборотів 1450об/хв,  $\frac{M_{пуск}}{M_{ном}} = 1,8$ , маховий момент  $G_p \times D_p^2 = 0,94 \text{ Н} \cdot \text{м}^2$ .

### 3.2.2 Розрахунок важеля

Зусилля, що діє верхній важіль при фільтруванні визначається за формулою

$$Q_p = \frac{Q}{4 \times \cos \alpha} \quad (3.28)$$

де:

$Q = 23 \times 10^5 \text{ Н}$  (визначено раніше),

4 – кількість важелів,

$\alpha = 10^\circ$  - кут між вертикаллю та віссю важеля.

$$Q_p = \frac{23 \times 10^5}{4 \times \cos 10^\circ} = 5,85 \times 10^5 \text{ Н.}$$

Умова міцності

$$\sigma_{сж} = \frac{Q_p}{F} \leq [\sigma], \quad (3.29)$$

де:

$F = 10 \times 7 = 70 \text{ см}^2$  – площа поперечного перерізу важеля.

$$\sigma_{сж} = \frac{5,85 \times 10^5}{70 \times 10^{-2}} = 837 \times 10^5 \text{ Н/м}^2 < [\sigma]_{сж}.$$

Для сталі Ст 3  $[\sigma]_{сж} = 1600 \times 10^5 \text{ Н/м}^2$ .

Розрахунок важеля на поздовжній вигин.

Найменший радіус інерції поперечного перерізу важеля визначаємо за формулою

$$i = \sqrt{\frac{I}{F}}, \quad (3.30)$$

де:

$I$ - момент інерції перерізу важеля, який визначається за формулою

$$I = \frac{b \times h^3}{12} \quad (3.31)$$

Маємо  $b = 100 \text{ мм}$ ,  $h = 70 \text{ мм}$ .

$$I = \frac{0,1 \times 0,007^3}{12} = 28,5 \times 10^{-6} \text{ м}^4$$

$$i = \sqrt{\frac{28,5 \times 10^{-6}}{70 \times 10^{-2}}} = 2,02 \times 10^{-2} \text{ м}$$

Гнучкість важеля знайдемо за формулою

$$\lambda = \frac{\mu \times l}{i}, \quad (3.32)$$

де:

$\mu = 1,0$  – коефіцієнт приведення довжини,

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$l = 250\text{мм}$  – довжина важеля.

$$\lambda = \frac{1 \times 0,52}{2,02 \times 10^{-2}} = 25,8$$

Допустима напруга (основне) на стиск для матеріалу важеля визначається за формулою

$$[\sigma_c] = \varphi \times [\sigma]_{сж}, \quad (3.33)$$

де:

$\varphi = 0,96$  – коефіцієнт зниження основної напруги, що допускається, або коефіцієнт вигину [ 2 ]

$[\sigma_c] = 0,96 \times 1600 \times 10^5 = 1540 \times 10^5 \text{ Н/м}^2 > 836 \times 10^5 \text{ Н/м}^2$  - фактична напруга в перерізі важеля.

### 3.2.3 Розрахунок траверси

У горизонтальній площині на траверсу діє сила, яка визначається за формулою

$$T = (Q_3 + Q_\phi) \times \text{tg}\alpha \quad (3.34)$$

$$T = (326 \times 10^3 + 20 \times 10^5) \text{tg}10^\circ = 41 \times 10^4 \text{ Н.}$$

На рис. 3.5 показано розподіл сил.

Згинальні моменти:

Перетин I – I

$$M_2^T = \frac{T}{8} \times x + \frac{T}{4} \times (x - a) \quad (3.35)$$

при  $x = 2a$

$$M_2^T = \frac{T}{2a} \quad (3.36)$$

$$M_2^T = \frac{41 \times 10^4}{2} \times 0,06 = 1,23 \times 10^4 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Перетин III – III

$$M_3^T = \frac{T}{8} \times x + \frac{T}{4} \times (x - a) + \frac{T}{8} \times (x - 2a) \quad (3.37)$$

$$x = 2a, M_3^T = M_2^T, x = 2a + b$$

$$M_3^T = \frac{T}{2} \times (a + b) \quad (3.38)$$

$$M_3^T = \frac{41 \times 10^4}{2} \times (0,06 + 0,11) = 3,4 \times 10^4 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

У вертикальній площині на траверсу діє сила

$P = Q_p = 5,85 \times 10^5 \text{ Н}$  – зусилля, що діє на важіль.

Розподіл сил показано на рис. 3.5.

Згинальні моменти:

Перетин I – I

$$M_1^B = \frac{P}{8} \times x \quad (3.39)$$

										Арк.
										53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6.133.22.01.00.00.00 ПЗ					



$$(\kappa_{\sigma})_D = \frac{\kappa_{\sigma}}{\varepsilon_{\sigma} \times \beta} \quad (3.47)$$

$\kappa_{\sigma}$  – ефективний коефіцієнт нормальних напруг, що визначається за формулою

$$\kappa_{\sigma} = 1 + \xi \times [(\kappa_{\sigma})_0 - 1], \quad (3.48)$$

де:

$(\kappa_{\sigma})_0$  - ефективний коефіцієнт концентрації, що відповідає відношенню

$$\frac{D}{d} = 2$$

$$(\kappa_{\sigma})_0 = 2,8$$

$\xi$  – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив відносин  $\frac{D}{d}$

$$\xi = 0,66,$$

тоді

$$\kappa_{\sigma} = 1 + 0,66 \times (2,8 - 1) = 2,19;$$

$\varepsilon_{\sigma} = 0,62$  [ 4 ] – масштабний фактор;

$\beta = 0,85$  [ 4 ] – коефіцієнт якості поверхні, рівний відношенню межі витривалості при симетричному циклі зразка, що має задану якість поверхні до межі витривалості при тому ж циклі зразка тієї ж форми та розмірів, але має поліровану поверхню.

$$(\kappa_{\sigma})_D = \frac{2,19}{0,62 \times 0,85} = 4,16,$$

тоді

$$n_{\sigma} = \frac{30 \times 10^7}{4,16 \times 16,5 \times 10^6 + 0,05 \times 16,5 \times 10^6} = 2,18$$

Умова міцності

$$n \geq [ n ],$$

де

$$[ n ] = n_1 \times n_2 \times n_3, \quad (3.49)$$

де

$n_1$  – коефіцієнт, що враховує точність визначення навантажень

$$n_1 = 1,2;$$

$n_2$  – коефіцієнт, що враховує відхилення механічних характеристик від нормативних

$$n_2 = 1,3;$$

$n_3$  – коефіцієнт, що враховує ступінь відповідальності деталі

$$n_3 = 1,1.$$

Тоді

$$[ n ] = 1,2 \times 1,3 \times 1,1 = 1,72.$$

Отже, умова міцності дотримано.

Визначимо напругу посередині траверси

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W} \quad (3.50)$$

де:

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W = \frac{b \times h^2}{6} \quad (3.51)$$

$$W = \frac{(0,176 - 0,126) \times 0,18^2}{6} = 2,7 \times 10^{-4} \text{ м}^3$$

$$\sigma_{\max} = \frac{3,4 \times 10^4}{2,7 \times 10^{-4}} = 1,26 \times 10^8 \text{ Н/м}^2,$$

$$\sigma_{\min} = 0.$$

Середня напруга циклу

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2} \quad (3.52)$$

$$\sigma_m = \frac{1,26 \times 10^8}{2} = 6,3 \times 10^7 \text{ Н/м}^2$$

Амплітуда напруг циклу

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2} = 6,3 \times 10^7 \text{ Н/м}^2$$

Коефіцієнт запасу міцності при згинанні [ 4 ]

$$n_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{(\kappa_\sigma)_D \times \sigma_a + \psi_\sigma \times \sigma_m} \quad (3.53)$$

Маємо

$$\psi_\sigma = 0,05 ; \kappa_\sigma = 1,5$$

$$\varepsilon_\sigma = 0,62 ; \beta = 0,85$$

$$(\kappa_\sigma)_D = \frac{\kappa \times \sigma}{\varepsilon_\sigma \times \beta} \quad (3.54)$$

$$(\kappa_\sigma)_D = \frac{1,5}{0,62 \times 0,85} = 2,84$$

$$n_\sigma = \frac{30 \times 10^7}{2,84 \times 6,3 \times 10^7 + 0,05 \times 6,3 \times 10^7} = 1,86,$$

що більше [ n ] = 1,72.





### 3.2.4 Розрахунок осі нижнього важеля

Вісь нижнього важеля розраховуємо як балку на двох опорах із консоллю.

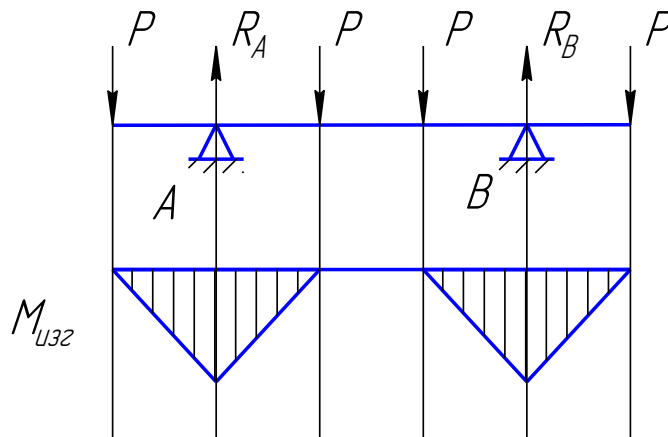


Рисунок 9 – Розрахункова схема осі та епюр згинальних моментів.

Зусилля, що діє на один важіль

$$Q_p = 5,85 \times 10^5 \text{ Н (див. розрахунок важелів)}$$

$$P = \frac{Q_p}{2} = 2,925 \times 10^5 \text{ Н}$$

Максимальний згинальний момент

$$M_{изг} = 2,925 \times 10^5 \times 0,057 = 16,6 \times 10^3 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Напруга, що виникає при згині

$$\sigma = \frac{M_{изг}}{W} = \frac{16,6 \times 10^3}{0,1 \times 0,11^3} = 124 \times 10^6 \text{ Н/м}^2$$

Наведену напругу знайдемо за формулою

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2 + 4 \times \tau^2}, \quad (3.55)$$

де:

$\tau$  – напруга зрізу.

$$\tau = \frac{P}{F} \text{ Н/м}^2, \quad (3.56)$$

де:

$$P = 2,925 \times 10^5 \text{ Н}$$

$$F = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{\pi}{4} \times 0,11^2 = 9,48 \times 10^{-3} \text{ м}^2$$

$$\tau = \frac{2,925 \times 10^5}{9,48 \times 10^{-3}} = 3,08 \times 10^6 \text{ Н/м}^2$$

$$\sigma = \sqrt{(124 \times 10^6)^2 + 4 \times (3,08 \times 10^6)^2} = 127,5 \times 10^6 \text{ Н/м}^2$$

Допустима напруга для вуглецевої конструкційної сталі

$$[\sigma] = (600 \div 2500) \times 10^5 \text{ Н/м}^2$$

### 3.2.5 Розрахунок рамки фільтруючої плити

Рамка фільтруючої плити розташована між упорами, привареними до верхньої рамки плити..

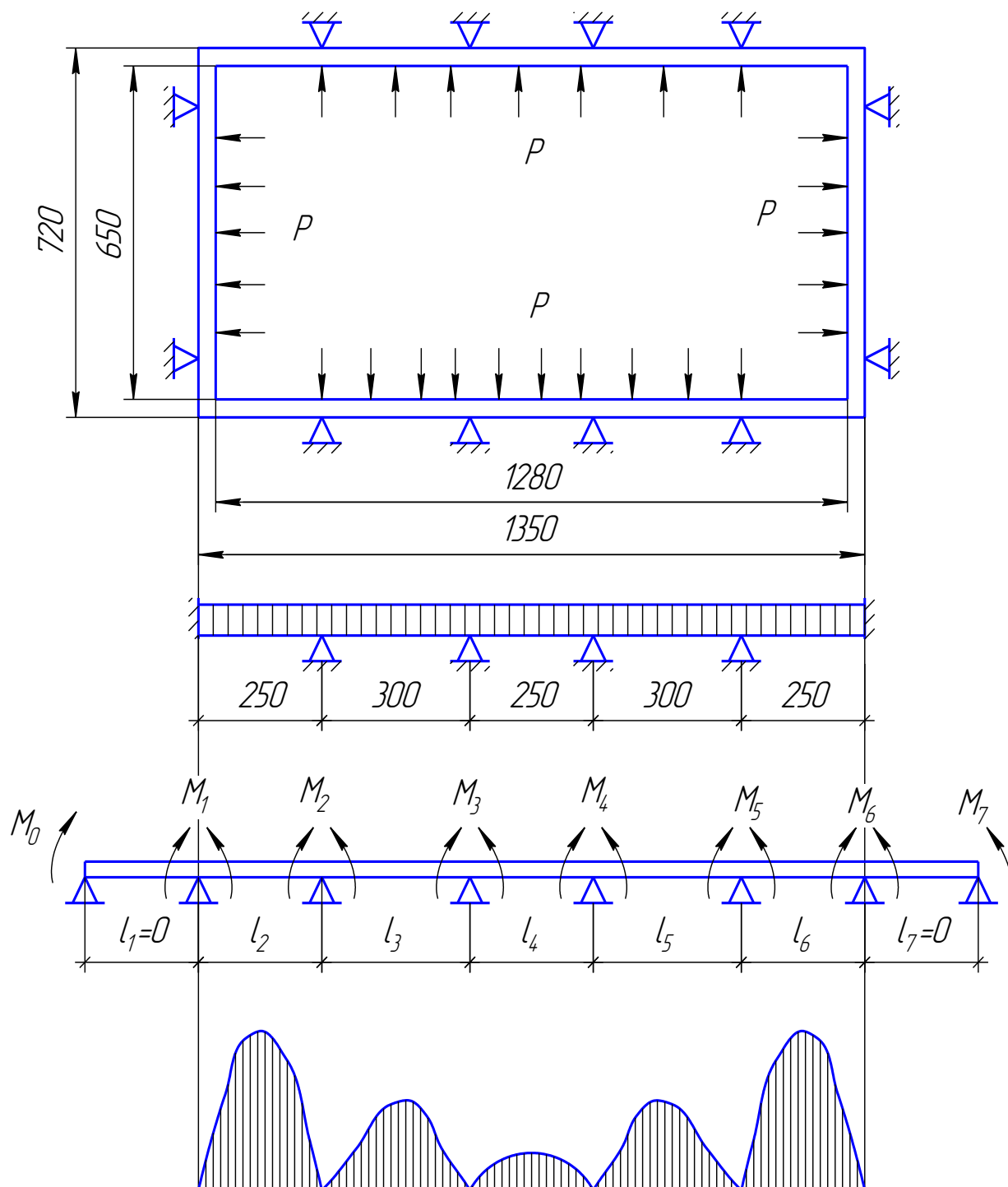


Рисунок 10 – Розрахункова схема та епюри згинальних моментів  
 Подаємо довгу сторону рамки як багатопрогонову балку для якої застосовуємо рівняння трьох моментів

$$M_{n-1} \times l_n + 2 \times M_n (l_n + l_{n+1}) + M_{n+1} \times l_{n+1} = -6 \left( \frac{\omega_n \times a_n}{l_n} + \frac{\varpi_{n+1} \times b_{n+1}}{l_{n+1}} \right), \quad (3.57)$$

де:

$\omega_n$  і  $\omega_{n+1}$  – площа епюр моментів від заданого навантаження, відповідно в  $n$  та  $(n+1)$  прольотах, що розглядаються як двоопорні шарнірно-оперті балки;

$a_n$  – відстань від центру ваги „вантажної” площі  $\omega_n$  до лівої опори ( $n-1$ );

$b_{n+1}$  – відстань від центру ваги „вантажної” площі  $\omega_{n+1}$  до правої опори ( $n+1$ ).

Замість защемлених кінців балки додаємо ліворуч і праворуч по прольоту, приймаючи  $l_1 = 0$ ;  $l_7 = 0$ ;  $\omega_1 = 0$ ;  $\omega_7 = 0$ .

Оскільки для першої опори рівняння трьох моментів має вигляд

$$M_0 \times l_n + 2 \times M_1 (l_1 + l_2) + M_2 \times l_2 = -6 \left( \frac{\omega_1 \times a_1}{l_1} + \frac{\varpi_2 \times b_2}{l_2} \right) \quad (3.58)$$

Маємо  $l_1 = 0$ ,  $\omega_1 = 0$ ,  $a_1 = \frac{l_1}{2}$ ,

$$b_2 = \frac{l_2}{2}, \quad \omega_2 = \frac{2}{3} \times l_2 \times q \times \frac{l_2^2}{8} \quad (3.59)$$

Підставивши ці значення на рівняння, отримаємо

$$M_1 \times l_1 + M_2 \times l_2 = -6 \times \frac{q \times l_2^2}{24} \quad (3.60)$$

Для другої опори

$$M_1 \times l_2 + 2 \times M_2 (l_2 + l_3) + M_3 \times l_3 = -6 \times \left( \frac{\omega_2 \times a_2}{l_2} + \frac{\varpi_3 \times b_3}{l_3} \right), \quad (3.61)$$

но

$$\omega_2 = \frac{2}{3} \times l_2 \times q \times \frac{l_2^2}{8}, \quad a_2 = \frac{l_2}{2}, \quad (3.62)$$

$$\omega_3 = \frac{2}{3} \times l_3 \times q \times \frac{l_3^2}{8}, \quad b_3 = \frac{l_3}{2} \quad (3.63)$$

Тоді

$$M_1 \times l_2 + 2 \times M_2 (l_2 + l_3) + M_3 \times l_3 = -6 \times \left( \frac{q \times l_2^3}{24} + \frac{q \times l_3^3}{24} \right). \quad (3.64)$$

Для третьої опори

$$M_2 \times l_3 + 2 \times M_3 (l_3 + l_4) + M_4 \times l_4 = -6 \times \left( \frac{q \times l_3^3}{24} + \frac{q \times l_4^3}{24} \right). \quad (3.65)$$

Для 4-ї опори

$$M_3 \times l_4 + 2 \times M_4 (l_4 + l_5) + M_5 \times l_5 = -6 \times \left( \frac{q \times l_4^3}{24} + \frac{q \times l_5^3}{24} \right). \quad (3.66)$$

Для 5-ї опори

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

$$M_4 \times l_5 + 2 \times M_5(l_5 + l_6) + M_6 \times l_6 = -6 \times \left( \frac{q \times l_5^3}{24} + \frac{q \times l_6^3}{24} \right). \quad (3.67)$$

Для 6-ї опори

$$M_5 \times l_6 + 2 \times M_6(l_6 + l_7) + M_7 \times l_7 = -6 \times \left( \frac{q \times l_6^3}{24} + \frac{q \times l_7^3}{24} \right). \quad (3.68)$$

Підставивши значення і вищезаписані рівняння, отримаємо:

$$2 \times M_1 \times 0,25 + M_2 \times 0,25 = -6q \times \frac{0,25^3}{24} \quad (3.69)$$

$$M_1 \times 0,25 + 2 \times M_2 \times (0,25 + 0,3) + M_3 \times 0,3 = -6q \times \left( \frac{0,25^3}{24} + \frac{0,3^3}{24} \right) \quad (3.70)$$

$$M_2 \times 0,3 + 2 \times M_4 \times (0,3 + 0,25) + M_4 \times 0,25 = -6 \times \left( q \times \frac{0,3^3}{24} + q \times \frac{0,25^3}{24} \right) \quad (3.71)$$

$$M_3 \times 0,25 + 2 \times M_4 \times (0,25 + 0,3) + M_5 \times 0,3 = -6 \times \left( q \times \frac{0,25^3}{24} + q \times \frac{0,3^3}{24} \right) \quad (3.72)$$

$$M_4 \times 0,3 + 2 \times M_5 \times (0,3 + 0,25) + M_6 \times 0,25 = -6 \times \left( q \times \frac{0,3^3}{24} + q \times \frac{0,25^3}{24} \right) \quad (3.73)$$

$$M_5 \times 0,25 + 2 \times M_6 \times 0,25 = -6q \times \frac{0,25^3}{24} \quad (3.74)$$

Аналізуючи ці рівняння можна зробити висновок, що

$$M_1 = M_6, M_2 = M_5, M_3 = M_4.$$

Розподілене навантаження

$$Q = P \times h,$$

де:

$P = 12 \times 10^5 \text{ Н/м}^2$  – тиск фільтрування,

$H = 38 \text{ мм}$  – висота рамки фільтруючої плити

$$q = 12 \times 10^5 \times 38 \times 10^{-3} = 45,6 \times 10^3 \text{ Н/м}$$

З рівняння знайдемо  $M_1$

$$M_1 = -6 \times \frac{45,6 \times 10^3 \times 0,25^2}{24 \times 2} - \frac{M_2}{2} = -570 - 0,5M_2$$

Знайдене значення  $M_1$  підставимо на рівняння, звідки знайдемо

$$-M_2 = -352 - 0,708 \times M_3$$

Підставляючи  $M_2$  в рівняння знаходимо

$$M_3 = -4,06 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Тоді

$$M_2 = -352 - 0,308 \times (-4,06) = -350,75 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_1 = -570 - 0,5 \times (-350,75) = -395 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Найбільший згинальний момент дорівнює

$$M_{\max} = 395 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Напруга вигину в рамці

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{M_{\max}}{\frac{b \times h^2}{6}} \quad (3.75)$$

Перетин рамки вважаємо прямокутним з розмірами  $b = 30\text{мм}$  та  $h = 38\text{мм}$ .

Тоді

$$\sigma = \frac{395}{\frac{30 \times 10^{-3} \times (38 \times 10^{-3})^2}{6}} = 545 \times 10^5 \text{ Н/м}^2,$$

що менше напруги, що допускається, на вигин для сталі Ст3, рівного  $[\sigma] = 1600 \times 10^5 \text{ Н/м}^2$ .

### 3.2.6 Розрахунок пружини

Площу, яку займає пружинами (рис. 3.7) визначимо за формулою

$$F = a \times b = 0,58 \times 0,616 = 0,358 \text{ м}^2.$$

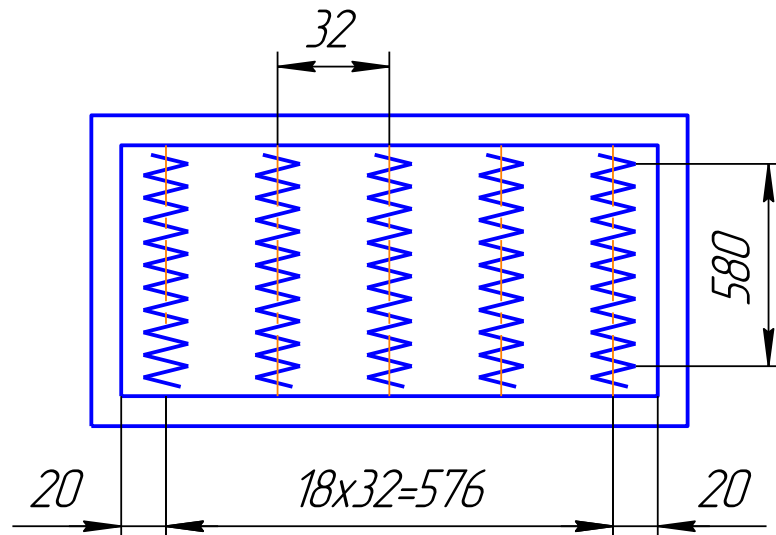


Рисунок 11 – Схема розміщення пружин у рамці.

Зусилля, що діє на пружини

$$Q = P \times F,$$

де:

$P = 12 \times 10^5 \text{ Н/м}^2$  – тиск фільтрування.

$$Q = 12 \times 10^5 \times 0,358 = 4,3 \times 10^5 \text{ Н/м}^2$$

Навантаження на кожну пружину

$$\frac{4,3 \times 10^5}{22} = 1,95 \times 10^4 \text{ Н},$$

де:

22 – кількість пружин.

Навантаження на один виток пружини

$$T = \frac{1,95 \times 10^4}{58} = 340 \text{ Н},$$

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

де:

58 – число витків у пружині, яке можна знайти таким чином, знаючи довжину пружини (580мм) та крок витків (10мм), тобто

$$\frac{580}{10} = 58 \text{ витків.}$$

Кожен виток пружини розглядатимемо як кругове кільце під дією двох сил  $T$ . Радіус осі кільця  $R_0 = 8\text{мм}$ .

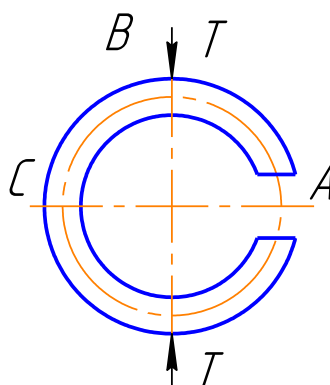


Рисунок 12

Розрізавши кільце перерізами в точках А і С, знаходимо, що через симетрію нормальні сили в точках А і С рівні  $\frac{T}{2}$ , а дотичні відсутні.

Перерізи А та В при деформації півкільця не повертаються. Тому чверть кільця АВ можна уявити як кривий стрижень, защемлений у перерізі В і навантажений на вільному кінці силою  $\frac{T}{2}$  і моментом  $M_A$ .

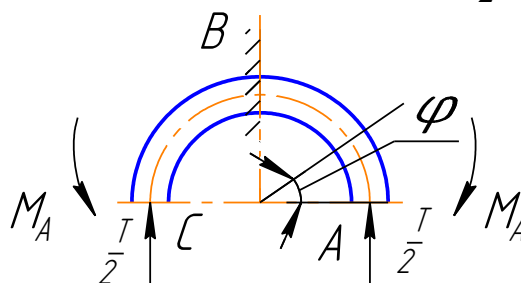


Рисунок 13

Кут повороту перерізу А дорівнює нулю, тобто можна записати

$$\int \frac{M \times M_1 \times d \times s}{E \times I} = 0, \quad (3.76)$$

де:

$M_1 = 1$  – одиничний момент, прикладений у напрямку чинного невідомого моменту  $M_A$ ,

$$d \times s = R_0 \times d \times \varphi - \text{елемент дуги} \quad (3.77)$$

$M$  – згинальний момент у довільному перерізі кривого бруса від заданого навантаження.

Можна записати

$$M = M_A - \frac{T}{2} \times (1 - \cos \varphi) \times R_0 \quad (3.78)$$

Тоді

$$\frac{1}{E \times I} \int_0^{\pi/2} \left[ M_A - \frac{T}{2} (1 - \cos \varphi) \times R_0 \right] \times R_0 \times d \times \varphi = 0 \quad (3.79)$$

або

$$\int_0^{\pi/2} M_A \times R_0 \times d \times \varphi - \int_0^{\pi/2} \frac{T}{2} \times (1 - \cos \varphi) \times R_0^2 \times d \times \varphi = 0 \quad (3.80)$$

Після інтегрування

$$M_A \times R_0 \times \frac{\pi}{2} - \frac{T}{2} \times R_0^2 \times \frac{\pi}{2} + \frac{T}{2} \times R_0^2 = 0, \quad (3.81)$$

звідси

$$M_A = \frac{1}{2} R_0 \times T \times \left( 1 - \frac{2}{T} \right) = 0,182 \times T \times R_0 \quad (3.82)$$

$$M_A = 0,182 \times 340 \times 8 \times 10^{-3} = 0,495 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Нормальна напруга у перерізі

$$\sigma = \frac{M}{0,2 \times d^3} \quad (3.83)$$

$$\sigma = \frac{0,495}{0,2 \times (3 \times 10^{-3})^3} = 92 \times 10^6 \text{ Н/м}^2,$$

що менше допустимої напруги, що дорівнює  $[\sigma] = 1400 \times 10^5 \text{ Н/м}^2$

					<i>6.133.22.01.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64



## 4 Монтаж та ремонт апарата

### 4.1 Монтаж фільтр-пресу типу ФПАКМ

Автоматичний фільтр-прес встановлюють на підготовлене місце. Складання фільтр-пресу проводять у наступному порядку:

Встановлюють раму у збиранні з вузлами на фундаментні болти, після чого ретельно перевіряють за рівнем її горизонтальність.

Закріпити від перекидання механізм затиску.

Виставити за розміром домкрати.

Встановити та легко закріпити болтами до плити опорної знімні стяжки.

Встановити на механізм затиску натискну плиту разом із нижньою плитою. Скріпити між собою болтами натискну плиту та механізм затиску. Катки гладкі праві та ліві підвести до стяжок та закріпити. Болти домкратів підняти до упору знизу на натискну плиту.

Встановити на натискну плиту робочі фільтруючі плити.

Встановити та легко закріпити болтами до плити опорної стяжки: ліву та праву.

Завести зверху стяжок плиту верхню завзяту.

Закріпити стяжки болтами до плити верхньої завзятої.

Підняти за допомогою механізму затиску та вантажопідйомних засобів набір фільтруючих плит у крайнє верхнє положення. Під'єднати верхню фільтруючу плиту до плити верхньої завзятої, чотирма болтами підвести. За допомогою шаблону встановити зазор між фільтруючими плитами 45-1,5мм.

До підключення електродвигуна механізму затиску в електричний ланцюг підйом і опускання набору фільтруючих плит зробити за допомогою спеціального ключа, що встановлюється на хвостовик електродвигуна, попередньо знявши кожух і крильчатку електродвигуна.

Ковзанки натискної плити підвести впритул до стяжок і закріпити

Катки фільтруючих плит спочатку підвести впритул до сяжок. Потім ковзанки, що встановлюються з боку ролика тканини даної плити, зміцнити болтами; катки, що встановлюються на стороні, протилежній ролику тканини, відвести від стяжки на 0,5мм по щупу та закріпити болтами.

При підйомі та опусканні фільтруючих плит контакт поверхонь катка та стяжки повинен бути по всій ширині катка.

Ущільнювальні поверхні колектора подачі, кронштейна упорної плити та клапана скидання виставити концентрично секціям колекторів фільтруючих плит та ретельно зміцнити.

Трубу нижнього випуску фільтрату виставити відповідно до верхнього та нижнього положення рухомої верхньої труби. Сальникове ущільнення має забезпечувати при верхньому положенні плит надійне ущільнення верхньої труби, при опусканні та підйомі плит – вільне, без заїдання ковзання.

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Після приєднання гумових шлангів колектора тиску до фільтруючих плит перевірити їх положення при верхньому та нижньому розташуваннях фільтруючих плит. Шланги не повинні мати перегинів та скручування.

Клапан подачі рідини в регенераційну камеру встановити таким чином, щоб рідина надходила зверху на тарілку клапана.

За відсутності тиску в масляній комунікації клапан повинен закриватися тиском води, що підводить. Отвори труби, через які надходить вода для промивання тканини, повинні бути спрямовані вниз назустріч тканині, що рухається, під кутом 45градусів.

Після монтажу комунікацій: маслonaсосної станції, підведення фільтрацій рідини, відведення фільтрату, камери регенерації та клапана скидання, подачі води, а також монтажу електричної частини проводимо перевірку паралельності роликів тканини між собою. Допустима непаралельність роликів не більше 0,5 мм на довжині ролика. Паралельність контактуючого ролика, допустима непаралельність роликів 0,5мм.

Зазор ножів знімання осаду та між роликами має бути 2-3мм, а ножів позначки – 0,4 – 0,1мм.

Тертя ножів по роликах не допустиме.

Перевірити паралельність роликів камери регенерації по відношенню до приводного барабана приводу пересування тканини. Непаралельність – трохи більше 0,5мм на довжині ролика.

Після перевірки нанести на всі змащення поверхні нове мастило.

Перевірити якість монтажних робіт шляхом 5-кратного підйому та опускання набору фільтруючих плит за допомогою механізму затиску в режимі «налагодження».

Провести прокручування приводу пересування тканини протягом 10хв. Нагрів електродвигунів, підшипникових вузлів та гвинтових пар допускається не вище +50...60°C.

## 4.2 Опис проведення ремонтних робіт

### 4.2.1 Експлуатація фільтр-пресу типу ФПАКМ

Обслуговування фільтр-пресу проводиться персоналом, який пройшов технічну підготовку з вивчення конструкції фільтр-пресу, інструкції з монтажу та обслуговування, інструкції з експлуатації станції нейтралізації стічних вод.

На підставі проведених випробувань, залежно від циклічності роботи фільтр-пресу та цехової експлуатації, складено інструкцію та графік ППР з огляду, поточного, капітального ремонту окремих вузлів та фільтр-пресу в цілому.

На робочих поверхнях фільтруючих плит, що ущільнюються гумовими прокладками, не допускаються вибоїни, подряпини та інші пошкодження, що можуть викликати розгерметизацію фільтр-преса.

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Зберігання запасних гумових прокладок та діафрагм проводиться у розгорнутому вигляді у сухому приміщенні при температурі від +2°C до +20°C.

Гумотехнічні вироби не повинні піддаватися дії прямих сонячних променів і знаходитись ближче, ніж на 1м до печей та інших тепловипромінюючих приладів, а також не повинні піддаватися дії масел, бензину, гасу та інших розчинників.

Необхідно контролювати чистоту та якість олії в системі гідроуправління. Потрапляння разом з маслом навіть невеликих смітинок у блоки гідравлічних золотників може призвести до порушення в роботі золотників та фільтр-пресу в цілому.

#### 4.2.2 Змазка фільтр-пресу типу ФПАКМ

Для мастила черв'ячного глобоцного редуктора при середніх режимах роботи застосовують такі масла:

- трансмісійне автомобільне за ГОСТ 3781-83;
- трансмісійне з присадкою "Л" за ГОСТ 3823-84;
- трансмісійне автотракторне літнє за ГОСТ 542-85.

Для змащування черв'ячного редуктора механізму затиску застосовуються ті ж масла, що й для глобоцного редуктора.

Спосіб мастила редукторів – масляна ванна. Перевірка рівня масла проводиться за позначкою на покажчику рівня – рівень масла не повинен бути нижчим за нижню риску покажчика. Поповнення олії в корпусі редукторів проводиться кожні чотири місяці. При повній заміні мастила необхідно видалити осад, що утворюється на дні, ретельно очищати картер, промивати його зневодненим гасом з подальшим промиванням маслом.

Мастило підшипників кочення: марка масла - універсальна солідол УС-2 (солідол жировий) за ГОСТ 1033-81. Спосіб мастила – заповнення вручну підшипникових гнізд. Корпуси підшипникових вузлів заповнюються на 2/3 всього простору. Огляд підшипників та добавка мастила проводиться через 2-3 місяці.

Змащення підшипників ковзання проводиться тим самим маслом, що й для підшипників кочення, прес-масляною один раз на 2 доби.

Змащування вертикальних напрямних тим самим маслом, що й для підшипників кочення, вручну один раз на 2 доби.

Змащення ходового гвинта механізму затиску та рухомого з'єднання кулачкової муфти приводу пересування тканини проводиться тим самим маслом, що й підшипників кочення, вручну та прес-масляною один раз на добу.

#### 4.2.3 Ремонт фільтр-пресу типу ФПАКМ

Перед здаванням у ремонт обладнання має бути очищене від бруду, шлаку, промито, відключено від комунікацій. Перед будь-яким ремонтом складається дефектна відомість, у якій вказується найменування деталей та

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

вузлів апарату, що підлягають ремонту, утримання та якість ремонтних робіт, виконавців. Робочі місця необхідно забезпечити перевіреним вантажопідіймальним та такелажним обладнанням, провести інструктаж робітників з техніки безпеки. Перед проведенням газо-електрозварювальних робіт, на них оформляється спеціальний дозвіл, який узгоджується з відділом з техніки безпеки та ВПЛ, дозвіл затверджується головним інженером заводу.

Перед початком проведення вогневих робіт з ремонту, місце проведення вогневих робіт оглядається представником ВПЛ спільно з керівником вогневих робіт та після повної підготовки місця проведення вогневих робіт та інструктажу персоналу проведеного вогневих робіт, видається дозвіл на право проведення вогневих робіт.

На працюючому обладнанні чи обладнанні, що перебуває під тиском, робити ремонт заборонено.

Правила пуску обладнання після ремонту:

1. Після закінчення ремонтних робіт необхідно:

а) очистити робоче місце від залишків матеріалу, непотрібних деталей тощо;

б) ретельно перевірити правильність встановлення обладнання, комунікацій, арматури, наявності заземлення, зняти заглушки, поставлені до початку ремонту в апаратах та трубопроводах та встановити огорожі;

в) перевірити герметичність усієї системи, окремих її частин, надійність роботи запірних пристроїв, правильність роботи механізмів.

2. Після перевірочних випробувань обладнання здається в експлуатацію начальнику цеху механічної служби, яка проводила ремонт апарату.

3. Акт приймання обладнання з капітального ремонту, сертифікати та інші документи на нові деталі, описи та документація на проведені конструкції зміни обладнання повинні систематично долучатися до паспорта агрегату.

4. Включення апарату в роботу після ремонту повинно здійснюватися на підставі письмового розпорядження начальника цеху або особи, яка його заміщає.

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

## 5 Охорона праці

### 5.1 Аналіз потенційних небезпек

Небезпечними та шкідливими виробничими факторами у виробництві вуглекислого марганцю є наступні:

- рухомі та обертові частини механізмів, які можуть завдати працюючим травми;
- отруєння в результаті впливу шкідливих речовин, що застосовуються як сировина, напівпродукти та отримані побічні продукти;
- Підвищення температури поверхонь обладнання, можливі опіки;
- підвищений рівень шуму та вібрації на робочих місцях, що негативно позначається на нервовій системі та органах слуху;
- комунікації та апарати перебувають під надмірним тиском та його різка зміна веде до аварії;
- небезпечний рівень напруги в електричному ланцюзі, замикання, яке може статися через тіло людини. Електричний струм діє центральну нервову систему, викликаючи судомні скорочення м'язів та його параліч, що може призвести до смертельного результату;
- підвищений рівень статичної електрики, небезпека удару електричним струмом та електризації, що може призвести до виникнення пожеж та вибухів;
- наявність вибухонебезпечних пар, газів та пилу, що веде до утворення вибухів та пожеж, а також викликає отруєння та подразнення слизових оболонок.

#### 5.1.1 Заходи для забезпечення безпечних умов праці

Для поліпшення умов праці працюючих механізовано та автоматизовано найбільш трудомісткі процеси. Частково механізовані та автоматизовані процеси завантаження компонентів у реактори, промивання кристалів, сушіння, фасування та пакування готового продукту.

Для правильного ведення виробничого процесу на обладнанні та комунікаціях встановлено КВП у всіх точках, передбачених технологічним регламентом.

Прилади для автоматичного регулювання оснащені: реактор хімічного очищення стічних вод, реактор розчинення вуглеамонійної солі, сушарка.

Згідно з правилами на всіх апаратах, що працюють під тиском, встановлені вакуумметри.

Усі мірники, напірні баки та збірники забезпечені вказівниками рівня. КВП встановлені у місцях зручних для спостереження та обслуговування.

При експлуатації технологічного обладнання реконструйованого виробництва передбачено постачання огорожами всі частини обладнання, що обертаються і рухаються. Огородження повинні бути надійними під час експлуатації обладнання. Зубчасті передачі, вали, сполучні муфти, маховики

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

і всякі інші рухомі механізми, якщо вони розташовані на висоті менше 2м від підлоги робочого приміщення, повинні мати суцільну огорожу.

Під час дії механізмів огороження має бути на місці та надійно укріплене; знімати огорожу можна лише після повної зупинки механізмів і коли повністю виключено можливість приведення в дію; пускати механізми можна лише після встановлення на місце всіх огорож.

Забарвлення обладнання, трубопроводів, стін передбачене згідно з ГОСТ 12.4.028-85. Стіни приміщень пофарбовані у світлий колір із жовтуватими панелями. Обладнання забарвлене у блакитний колір, огорожі сходів забарвлено у темний колір. Огородження на частинах механізмів, що обертаються і рухаються, мають забарвлення червоне. Вентилі, заглушки пофарбовані в оранжевий колір.

Трубопроводи із хімічно забрудненими стоками пофарбовані у червоний колір. Господарсько-фекальні води надходять у трубопровід із синім забарвленням. Трубопроводи з артезіанською водою мають зелений колір. До приміщення, де ведеться технологічний процес, в'їзд будь-якого типу транспорту заборонено.

Згідно з ПУЕ по небезпеці ураження електричним струмом приміщення цеху, що реконструюється, відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою. З метою попередження можливих випадків ураження електричним струмом передбачені такі заходи: повна ізоляція струмопровідних ліній; застосування для місцевого та переносного освітлення низьковольтної напруги 12÷36В; корпуси всіх електродвигунів, апаратів, комунікацій мають бути заземлені; місця паро- та газовиділень обладнані пристроями, що відсмоктують, які приєднані до витяжних ліній. робоча напруга 380/220В, мережа змінного струму.

Захист від статичної електрики включає такі заходи: відведення зарядів електрики шляхом заземлення обладнання, резервуарів, комунікацій – збільшення відносної вологості повітря у небезпечних зонах до 70%.

Цех, що реконструюється, згідно з СН 305-89, відноситься до III категорії. Для захисту будівлі від первинних проявів блискавки по периметру будівлі встановлюються блискавки. Для захисту будівлі від вторинних проявів блискавки всі підходящі до будівлі трубопроводи заземлюються.

Заходи щодо боротьби з виробничим шумом та вібрацією: розміщення вентиляторів, вакуум-насосів в окремих виробничих ізольованих приміщеннях. Обмеження швидкості обтікання деталей повітрям до 0,3м/с, приєднання повітроводів до вентиляторів через гнучку вставку із прогумованої тканини; встановлення вентиляторів на окремі фундаменти - віброізольовані від підлоги та інші конструкції будівлі. Змащує всі рухомі частини обладнання та механізми, ретельне регулювання обертових частин і механізмів.

До постачання питної води працюючих на промислових підприємствах пред'являються такі санітарні вимоги: температура питної води не вище 20°C і нижче 8°C, відстань від робочих місць до питних установок трохи більше 75

										Арк.
										70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6.133.22.01.00.00.00 ПЗ					

метрів. Пристрій питного водопостачання розміщено у проходах виробничих приміщень та кімнаті відпочинку.

На кожному поверсі встановлені пожежні крани на висоті 1,35 м. від рівня підлоги. Витрата води на гасіння пожежі всередині приміщення прийнята з розрахунку не менше 20л/с.

Очищає викиди в атмосферу від газів,пилу, пари.

Заключний процес отримання вуглекислого марганцю проводиться у вакуум-сушарках, де продукт висушується. В результаті сушіння виділяються водяні пари, пил марганцю вуглекислого, гаряче повітря, яке відсмоктується з вакуум-сушилок і надходить у пастки де відбувається конденсація парів та уловлювання пилу марганцю вуглекислого технічною водою, що подається через нижні штуцери пастки. З бічних штуцерів пастки вода витікає через барометричний бак у каналізацію, а охоложене та очищене повітря з пастки, вакуум-насосом викидається в атмосферу поза цехом.

### 5.1.2 Засоби індивідуального захисту

При виробництві марганцю вуглекислого в цеху, що реконструюється, можливі наступні виробничі шкідливості: пари стічних вод гідрохінону, пил марганцю вуглекислого, вугілля активованого.

Для захисту працюючих від переробних стічних вод застосовується сукняний спецодяг, захисні окуляри, гумові рукавички та чоботи.

Для захисту від вуглекислого марганцю застосовуємо сукняний костюм або бавовняний костюм, гумові чоботи, протипильний респіратор.

Для захисту працюючих від аміачної води слід застосовувати фільтруючий протигаз марки "К" (зелена коробка), захисні окуляри, рукавички.

Для захисту від перекису водню слід застосовувати захисний одяг із стійкої тканини, рукавички із поліхлорвінілу, захисні окуляри.

При роботі з біфторидефторидом амонію слід застосовувати захисні окуляри, гумові рукавички, суконний костюм та гумові чоботи.

Працювати з активованим вугіллям слід у респіраторі.

Для робочих цеху за списками професій та норм видається спецодяг та спецвзуття: суконний костюм, білизна, гумові рукавички та чоботи.

У цеху є аварійний запас спецодягу та спецвзуття у кількості 5-ти комплектів, що зберігаються у спеціальній шафі.

Цех виробництва марганцю вуглекислого, що реконструюється, виходячи з властивостей застосовуваної сировини, властивостей одержуваних напівпродуктів попутних речовин і готового продукту, згідно СН-545-81, відноситься до виробництва II класу.

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

### 5.1.3 Опалення

На виробництві вуглекислого марганцю застосовується центральна система опалення. Норми температури, опалення, вологості та швидкості руху повітря у виробничих приміщеннях на робочих місцях наведено у таблиці 8.

Таблиця 8 Норми температури, опалення, вологості та швидкості руху повітря у виробничих приміщеннях на робочих місцях

Період року	Оптимальні			Допустимі		Допуск т-ри	
	Т-ра пов. °С	Відносна волог., %	Швидк. Руху повітря, м/с	Т-ра пов. °С	Відносна волог., %	Швидк. Руху повітря, м/с	Повітря поза робітнич. місць
Холодний та перехідний дні	16-18	60-40	до 0,3	15-17	до 75	до 0,5	13-15
Теплий	20-23	60-40	до 0,3	+3-28	до 75	до 0,5	до +3

Для забезпечення нормальних санітарних умов необхідно: домагатися максимальної герметизації обладнання, влаштовувати місцеві відсмоктування, пов'язані з технологічним обладнанням.

### 5.1.4 Протипожежні заходи

Відповідно до СНиП II-М.2-82 виробничі приміщення реконструйованого цеху з пожежної небезпеки відносяться до категорії Д, виняток становлять приміщення для активованого вугілля та лабораторій, що належать до категорії В.

Відповідно до СНиП II-А.5-80 будівлі цеху отримання вуглекислого марганцю відносяться до II ступеня вогнестійкості, що не згоряється.

Виробництво, що реконструюється, розміщено в 3-х поверховому залізобетонному будинку. Виробничий корпус обладнаний протипожежними сходами. Має два евакуаційні виходи. Двері в приміщення відчиняються назовні і не мають порогів. Мінімальна ширина евакуаційних дверей 0,8м, мінімальна висота 2м.

З приміщення II та III поверху як другий евакуаційний вихід використовуються зовнішні сходи.

На кожному поверсі встановлені пожежні крани на висоті 1,35 м. від рівня підлоги. Витрата води на гасіння пожежі всередині приміщення прийнята з розрахунку не менше 20л/с. На заводі є пожежна команда, яка оснащена необхідною пожежною технікою.

У цеху на робочих місцях є конструкції пожежної безпеки. Вступний інструктаж та інструктаж на робочому місці за правилами пожежної безпеки проходить вступник на роботу.

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72



Відповідно до протипожежних норм проекту передбачено засоби гасіння пожеж: вода, піна, пісок, азбестова ковдра, вогнегасники хімічні пінні, вуглекислотні. Будівля обладнана пожежним водопостачанням.

При гасінні пожеж передбачено застосування пінних вогнегасників типу ОХП-10, вуглекислотні ОУ-5, ОУ-2.

## 5.2 Розрахунок захисного заземлення

Вихідні дані:

Двигун водонасосної станції серії 4А напругою  $U = 380$  В трифазної мережі з ізолюваною нейтраллю.

Потужність двигуна А4160S2  $N = 15$  кВт;  $n = 3000$  хв<sup>-1</sup>.

Потужність трансформатора 170 кВт·А.

Опір заземлювального пристрою, що вимагається за нормами.  $[r_3] \leq 4$  Ом.

Ґрунт – суглинок з питомим електричним опором  $\rho = 100$  Ом·м.

Як заземлювачів прийняті сталеві труби діаметром  $d = 0,08$  м і довжиною  $l = 2,5$  м, розташовані вертикально і з'єднані на зварюванні сталевією смугою 40х4 мм.

Приймаємо схему заземлення електродвигуна, представлену рисунку 14.

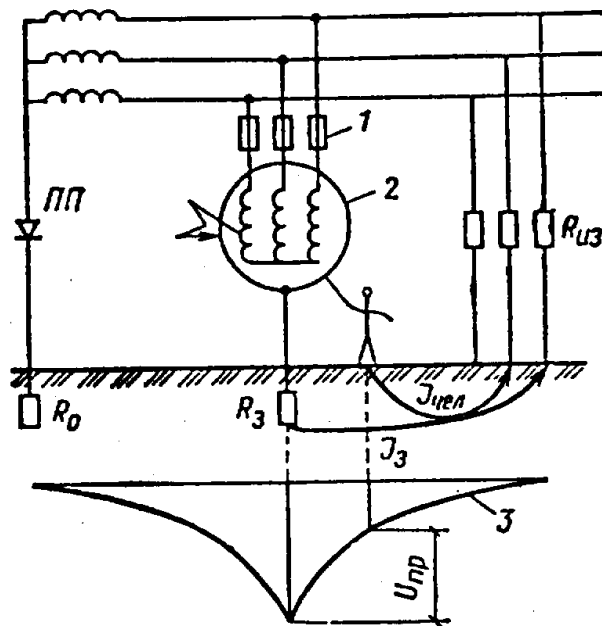


Рисунок 14 – Принципова схема захисного заземлення:

ПП – пробивний запобіжник; R<sub>0</sub> – заземлення нульової точки трансформатора; R<sub>3</sub> – заземлювальний пристрій; R<sub>из</sub> – опір ізоляції; U<sub>пр</sub> – напруга дотику; I<sub>з</sub> – струм замикання на землю; I<sub>чел</sub> – струм, що протікає через людину; 1 - плавкі вставки; 2 – електродвигун; 3 – графік розподілу потенціалів на поверхні землі

										Арк.
										73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6.133.22.01.00.00.00 ПЗ					

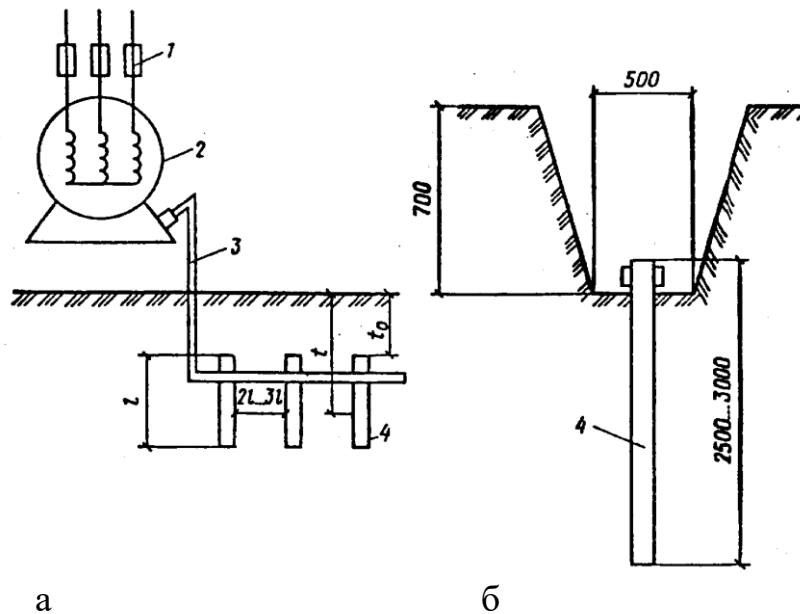


Рисунок 15 – Пристрій заземлення

а - схема заземлювального пристрою; б - розташування одиночного заземлювача; 1 - плавкі вставки; 2 – електродвигун; 3 – сполучна смуга; 4 – трубчастий заземлювач.

Визначаємо опір одиночного вертикального заземлювача  $R_{в}$ , Ом, за формулою

$$R_{в} = \frac{\rho_{расч}}{2\pi l} \left( \ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right), \quad (5.1)$$

де  $t$  – відстань від середини заземлювача до поверхні ґрунту, м.м.

$l, d$  – довжина та діаметр стрижневого заземлювача, м.

Розрахунковий питомий опір ґрунту визначається за формулою

$$\rho_{расч} = \rho\psi \quad (5.2)$$

де  $\psi$  – коефіцієнт сезонності, що враховує можливість підвищення опору ґрунту протягом року.

Для I кліматичної зони приймаємо  $\psi = 1,7$

Тоді

$$R_{в} = \frac{170}{2\pi \cdot 2,5} \left( \ln \frac{2 \cdot 2,5}{0,08} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 2,05 + 2,5}{4 \cdot 2,05 - 2,5} \right) = 48 \text{ Ом.}$$

Визначаємо опір сталевій смугі, що сполучає стрижневі заземлювачі за формулою

$$R_{п} = \frac{\rho_{расч}}{2\pi l} \cdot \ln \frac{l^2}{d \cdot t}, \quad \text{Ом} \quad (5.3)$$

де  $l$  – довжина смуги, м,

$t$  – відстань від смуги до поверхні землі, м,

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

$d = 0,5 b$  ( $b$  – ширина смуги, рівна 0,08 м).

Визначаємо розрахунковий питомий опір ґрунту  $\rho'_{\text{расч}}$  при використанні сполучної смуги у вигляді горизонтального електрода завдовжки 50 м. При довжині смуги 50 м  $\psi' = 5,9$  по табл. 3.12

Тоді

$$\rho'_{\text{расч}} = \rho \psi' = 100 \cdot 5,9 = 590 \text{ Ом} \cdot \text{м},$$
$$R_{\text{II}} = \frac{590}{2\pi \cdot 50} \cdot \ln \frac{50^2}{0,04 \cdot 0,8} = 21 \text{ Ом}.$$

Визначаємо орієнтовне число  $n$  одиночних стрижневих заземлювачів за формулою

$$n = R_{\text{B}} / ([r_3] \eta_{\text{B}}), \quad (5.4)$$

де  $[r_3]$  – допустимий за нормами опір заземлювального пристрою;

$\eta_{\text{B}}$  – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів (для орієнтовного розрахунку  $\eta_{\text{B}}$  приймається рівним 1)

$$n = 48 / (4 \cdot 1) = 12 \text{ шт.}$$

Приймаємо розташування вертикальних заземлювачів по контуру з відстанню між суміжними заземлювачами рівними  $2l$ . По табл. 3.2 и 3.3 [8] знайдемо дійсні значення коефіцієнта використання  $\eta_{\text{B}}$  і  $\eta_{\text{Г}}$ , виходячи з прийнятої схеми розміщення вертикальних заземлювачів.

$$\eta_{\text{B}} = 0,66 ; \eta_{\text{Г}} = 0,39$$

Визначаємо необхідну кількість вертикальних заземлювачів

$$n = 48 / (4 \cdot 0,66) \approx 18 \text{ шт.}$$

Обчислюємо загальний розрахунковий опір заземлювального пристрою  $R$  з урахуванням сполучної смуги за формулою

$$R = \frac{R_{\text{B}} R_{\text{Г}}}{R_{\text{B}} \eta_{\text{Г}} + R_{\text{Г}} \eta_{\text{B}} n} \quad (5.5)$$

$$R = \frac{48 \cdot 21}{48 \cdot 0,39 + 21 \cdot 0,66 \cdot 18} \approx 3,76 \text{ Ом}$$

Правильно розрахований заземлювальний пристрій повинен відповідати умовам  $R \leq [r_3]$ .

Розрахунок виконано правильно, оскільки  $3,76 < 4$ .

										Арк.
										75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6.133.22.01.00.00.00 ПЗ					

## ВИСНОВКИ

У цьому дипломному проекті проведено розрахунок виробництва вуглекислого марганцю зі стічних вод, що утворюються при отриманні гідрокінону.

Наведено теоретичні основи та особливості процесу фільтрування. Виконані розрахунки на міцність фільтр-преса типу ФПАКМ; виконаний гідравлічний розрахунок; розраховано та обрано допоміжне обладнання; описаний ремонт та монтаж преса; висвітлено питання охорони праці.

У додатку представлені складальне креслення преса зі специфікацією та складальні креслення вузлів зі специфікаціями.

					6.133.22.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Методичні вказівки до виконання дипломних проектів зі спеціальності 7.090220 „Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів” для студентів денної та заочної форми навчання / Укл.: Л.Г. Кірний. - Суми: Вид-во СумДУ, 2001. - 40 с.
2. Технологический процесс производства марганца углекислого, ШЗХР. - Шостка, 1982 г.
3. Плановский А.Н., Рамм В.М., Каган С.З. Процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия. 1968. - 848 с.
4. Фильтр-пресса автоматические камерные – ФПАКМ. Паспорт. Бердичевский завод «Прогресс». - Бердичев, 1992.
5. Чернобыльский И.И. Машины и аппараты химических производств М.: Машиностроение, 1974.
6. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии.- Л.: Химия, 1987. - 576 с.
7. Мухин И.П., Сибирко В.П. Фильтры и центрифуги. Учебное пособие по специальности «Машины и аппараты химических производств». - Харьков: ХПИ, 1978.
8. Ицкович Г.М. и др. Руководство к решению задач по сопротивлению материалов. – М.: Высшая школа, 1980.
9. Дьяченко С.П., Столбовой С.З. Расчет и проектирование деталей машин. - Киев: Техник, 1984.
10. Кукибний В.А. Курсове проектування транспортуючих машин. - Київ: Вища школа, 1978.
11. Лазарев В.И. Вредные вещества в промышленности - М.:, Химия, 1980
12. ГОСТ 21.404-85 Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах.
13. Голубятников В.А., Шувалов В.В. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности.- М.: Химия, 1985. - 325 с.
14. Автоматические приборы, регуляторы и вычислительные системы. - Изд. 3-е перераб. и допол. Под ред. Б.Д. Кашарского. - Л.: Машиностроение, 1976.
15. Промышленные приборы и средства автоматизации. Под ред. Черенкова В.В. - Л.: 1987.
16. Ефимова Г. Д. Методические указания по экономической части дипломного проектирования. Ротапринт. ХИПИ им. Соколова – Харьков: 2001.
17. Виноградов Б.В. Безопасность труда и производственная санитария в машиностроении.- М.: Машгиз, 1963.
18. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. - М.: Энергия, 1982.

					<i>6.133.22.01.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77