

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ІМ.Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра прикладної екології та охорони праці
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота /проект

Магістр

(рівень вищої освіти)

на тему технологій переробки відпрацьованих сірчанокислих трафікованих рудників з одержанням моварного продукту

Виконав: студент(ка) 2 курсу, групи 8.1830

спеціальності 183. технології захисту навколишнього середовища
(код і назва спеціальності)

освітньої програми технології захисту навколишнього середовища
(назва освітньої програми)

спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)

Р. Р. Поляков

(ініціали та прізвище)

Керівник зав. кафедр КТМ доц. Козаківський Т. Б.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент доц. КТМ доц. Руденцев В. Р.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя

2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
 ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
 ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ
 ІНСТИТУТ ім. М.Ю. ПОТЕБНІ

Кафедра прикладної екології та охорони праці
 Рівень вищої освіти другий (магістерський)
(перший (бакалаврський) рівень, другий (магістерський) рівень)
 Спеціальність 183 «Технології захисту навколишнього середовища»
(шифр)
 Освітня програма «Технології захисту навколишнього середовища»
(назва)
 Спеціалізація _____
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
 Г.Б. Кожемякін

“ ” 2021 року

ЗАВДАННЯ
 НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ/ПРОЕКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Полякову Кирилу Костянтиновичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) «Технологія переробки сірчаноокислих відпрацьованих травильних розчинів з одержанням товарного продукту»

керівник роботи Кожемякін Геннадій Борисович, доцент, канд. техн. наук
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від « 30 » червня 2021 року № 975-С

2. Строк подання студентом 01.12.2021

3. Вихідні дані до роботи: Витрата відпрацьованих травильних розчинів 44 м³/добу, концентрація H₂SO₄ 50г/л, концентрація FeSO₄ 200г/л;

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Джерела утворення відпрацьованих травильних розчинів у виробництві, Проектування технології захисту навколишнього середовища. Утилізація вловленого осаду, Охорона праці та техногенна безпека, Організаційно-економічна ефективність проекту

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): План цеху холодного прокату; Розріз травильного відділення, Схема прокатного виробництва Технологічна схема нейтралізації стічних вод; Реактор нейтралізації, Відстійник, Охорона праці; Основні техніко-економічні показники проекту

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	доц., к.т.н. Кожемякін Г.Б.	04.09.21	
2	доц., к.т.н. Кожемякін Г.Б.	04.09.21	
3	доц., к.т.н. Кожемякін Г.Б.	04.09.21	
4	доц., к.т.н. Кожемякін Г.Б.	04.09.21	

7. Дата видачі завдання 04.09.2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Збір матеріалу	01.09-10.09 2021	<i>Виконано</i>
2	Аналіз зібраного матеріалу	11.09-29.09 2021	<i>Виконано</i>
3	Виконання 1 розділу	30.09-05.10 2021	<i>Виконано</i>
4	Виконання 2 розділу	06.10-15.10 2021	<i>Виконано</i>
5	Виконання 3 розділу	16.10-28.10 2021	<i>Виконано</i>
6	Виконання 4 розділу	29.10-05.11 2021	<i>Виконано</i>
7	Розробка графічного матеріалу	01.11-01.12.2021	<i>Виконано</i>
8	Перевірка роботи консультантами	01.11-01.12.2021	<i>Виконано</i>
9	Попередній захист роботи	01.12.2021	<i>Виконано</i>
10	Захист роботи у ЕК	15.12.2021	<i>Виконано</i>

Студент

(підпис)

Поляков К.К.
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту)

(підпис)

Кожемякін Г.Б.
(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер

(підпис)

Рижков В.Г.
(ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

109 с., 9 табл., 11 рис., 33 джерела

Пояснювальна записка до кваліфікаційного проекту магістра

ПРОКАТНЕ ВИРОБНИЦТВО, ТРАВІЛЬНІ ВАННИ, СІРЧАНОКИСЛІ
ВІДПРАЦЬОВАНІ ТРАВІЛЬНІ РОЗЧИНИ, НЕЙТРАЛІЗАЦІЯ,
РЕАГЕНТНЕ ГОСПОДАРСТВО, ВЕРТИКАЛЬНИЙ ВІДСТІЙНИК

У першому розділі розглянуто: технологія прокатного виробництва, обладнання прокатного цеху, технологія травлення листової холоднокатаної сталі. Також ознайомлено з обладнанням травільних відділень прокатного цеху, надана характеристика сірчаноокислих відпрацьованих травільних розчинів; розглянуто існуючі способи очистки відпрацьованих травільних розчинів прокатного виробництва, проаналізовано їх переваги та недоліки.

У другому розділі обраний найбільш вигідний метод очистки відпрацьованих травільних розчинів прокатного виробництва, узагальнені висновки щодо вибору методу, його переваг і перспективності. Наведено результати розрахунку устаткування нейтралізації.

У розділі охорони праці надано характеристику ступеня безпеки прокатного процесу, рівня його механізації та автоматизації, проведено аналіз потенційно небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища, виконано опис пожежо- та електробезпеки і виробничої санітарії, зроблено розрахунок вентиляції кабіни кранового машиніста прокатного цеху.

В організаційно-економічній частині виконано розрахунок капітальних та експлуатаційних витрат на очищення сірчаноокислих відпрацьованих розчинів, річного економічного ефекту при впровадженні методу нейтралізації.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....	9
1.1 Технологія прокатного виробництва	9
1.2 Обладнання прокатного цеху.....	12
1.3 Технологія травлення листової холоднокатаної сталі	16
1.4 Обладнання травильних відділень	20
1.5 Характеристика сірчаноокислих відпрацьованих травильних розчинів	24
1.6 Аналіз існуючих способів очистки відпрацьованих травильних розчинів прокатного виробництва.....	26
1.6.1 Метод кристалізації	26
1.6.2 Метод нейтралізації	28
1.6.3 Електрохімічні методи.....	30
1.6.4 Іонообмінний метод.....	34
1.6.5 Екстракційний метод	36
1.6.4 Термічний метод	37
1.7 Вибір способу очистки відпрацьованих травильних розчинів прокатного виробництва	48
2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	59
2.1 Проектна схема очистки відпрацьованих травильних розчинів прокатного виробництва	59
2.2 Розрахунок реагентного господарства.....	61
2.3 Розрахунок вертикального відстійника	64
2.4 Розрахунок гравітаційного згущувача	66
2.5 Розрахунок вакуум-фільтра.....	67
3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА	69

3.1 Характеристика ступеня безпеки прокатного процесу, рівня його механізації та автоматизації.....	69
3.2 Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища.....	72
3.3 Технічні рішення по виробничій санітарії.....	77
3.3.1 Об'ємно-планувальні рішення будівель і споруд прокатного цеху	77
3.3.2 Опалення та вентиляція	79
3.3.3 Освітлення.....	80
3.3.4 Санітарно-побутові приміщення	81
3.3.5 Виробничий шум, виробнича вібрація.....	82
3.3.6 Виробничі випромінювання.....	84
3.4 Заходи з техніки безпеки	85
3.4.1 Електробезпека	86
3.5 Заходи пожежної безпеки.....	89
3.6 Розробка інженерних заходів щодо забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату в кабіні кранового машиніста прокатного цеху	93
4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	96
4.1 Організація праці та планування виробничої програми	96
4.2 Розрахунок капітальних витрат на очищення сірчаноокислих відпрацьованих розчинів	99
4.3 Розрахунок експлуатаційних витрат на очищення сірчаноокислих відпрацьованих розчинів	100
4.4 Техніко-економічне обґрунтування рішень, які прийняті у проекті	103
ВИСНОВКИ.....	105
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	107

ВСТУП

Прокатне виробництво – здобуття шляхом плющення із сталі і інших металів різних виробів і напівфабрикатів, а також додаткова обробка їх з метою підвищення якості (термічна обробка, нанесення покриттів). У промислових країнах плющенню піддається більше 4/5 сталі, що виплавляється. Прокатне виробництво зазвичай організовується на металургійних заводах, особливо в чорній металургії, і є завершуючою ланкою циклу виробництва.

З стічних вод заводів чорної металургії найбільш забрудненими, шкідливими для водойми (якщо не брати до уваги фенольні води коксохімічних цехів) і агресивно діючі на каналізаційні споруди є стічні води травильних відділень і цехів. Утворюються вони при обробці розчинами кислот (головним чином сірчаної, рідше соляної і азотної або сумішшю) поверхні металевих виробів, покритих окалиною і іржею. Процес обробки металу полягає в зануренні виробів у ванни з розчинами кислот з наступним промиванням цих виробів водою. При цьому утворюються стічні води двох видів – від власного травлення (відпрацьовані розчини) і від промивання протравлених металевих виробів. Перші є найбільш концентрованими і скидаються періодично, як правило, два-три рази на добу. Промивні води, навпаки, спускають рівномірно. Температура цих стоків відповідає температурі води.

Мета проєкту – обґрунтування найбільш економічно-доцільного методу очистки сірчаноокислих відпрацьованих розчинів прокатного виробництва та розрахунок і вибір необхідного устаткування для його реалізації.

Для реалізації поставленої мети необхідно розв'язати наступні завдання:

- теоретичний аналіз технології прокатного виробництва, технології травлення листової холоднокатаної сталі та основного обладнанням травильних відділень з точки зору впливу на навколишнє середовище;
- визначення основних параметрів сірчаноокислих відпрацьованих травильних розчинів прокатного виробництва, а також існуючих систем їх очистки;
- обґрунтування методу очистки сірчаноокислих відпрацьованих розчинів прокатного виробництва, розрахунок і вибір необхідного устаткування для його реалізації;
- виконання розрахунку капітальних та експлуатаційних витрат при очищенні сірчаноокислих відпрацьованих розчинів прокатного виробництва, розрахунок собівартості 1 м³ стоків, річного економічного ефекту при впровадженні методу нейтралізації;
- аналіз потенційно небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища в умовах прокатного виробництва;
- закріплення отриманих теоретичних знань та оволодіння сучасними методами в галузі майбутньої професії.

Отримані в результаті розрахунків дані представлені в роботі.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Технологія прокатного виробництва

Прокатка – спосіб обробки металів тиском, при якій заготівка обжимається обертовими валками прокатного стану. Розрізняють три основних види прокатки: подовжню, поперечну і поперечно-гвинтову.

При подовжній прокатці валки обертаються в різних напрямках, захоплюють заготовку, деформують її і переміщують перпендикулярно своїм осям. Подовжньою прокаткою отримують листовий та сортовий прокат.

Поперечна прокатка здійснюється паралельними однонаправлено обертовими валками, коли заготовка деформується і переміщається уздовж осей валків. Прокатка цього виду використовується для отримання круглих профілів.

При поперечно-гвинтовій прокатці валки обертаються в одному напрямку, але розташовані під кутом один до іншого. Заготівля отримує обертально-поступальний рух по гвинтовій лінії. Поперечно-гвинтову прокатку застосовують при отриманні труб і виробів зі змінним по довжині перетином.

Всі прокатні вироби в залежності від їх форми можна розділити на чотири основні групи: сортовий метал, листовий метал, труби та спеціальні види прокату. Сукупність форм і розмірів профілів, які можна отримати прокаткою на даному стані, називається сортаментом прокатного стану.

Залежно від призначення сортовий метал можна розділити на профілі загального і спеціального призначення. До профілів загального призначення відносять круглу, квадратну і смугову сталь, кутову сталь, швелери, двотаврові балки і т. д. До профілів спеціального призначення відносять рейки і профілі, що застосовуються в суднобудуванні, автотракторобудуванні, будівництві, вагонобудуванні та інших галузях народного господарства [1].

Технологічний процес прокатки складається з прокатки злитка в напівпродукт і отримання з напівпродукту готового прокату. Спочатку нагріті злитки сталі обробляють на обжимних і заготовочних станах. При використанні злитків після безперервного лиття скорочується цикл металургійного виробництва, так як в сталеплавильному виробництві виключається розливання металу у виливниці, а в прокатному виробництві відпадає необхідність у використанні обжимних станів. Крім того, підвищується якість вихідного металу завдяки високому ступеню його однорідності, створюються умови для комплексної автоматизації процесу.

У виробництві металопрокату широко застосовуються два методи отримання сталевих листів – гарячого і холодного прокату. Дані технології обробки металу мають кілька значних відмінностей. Тому готові вироби також отримують різні експлуатаційні якості і фізичні властивості, які визначають подальшу область застосування матеріалів.

Перша відмінність стосується марок застосовуваних сталевих сплавів: для гарячого прокату використовується низьковуглецева сталь, а для холодного – вуглецева.

Основними технологічними операціями гарячої прокатки є підготовка вихідного металу, його нагрівання, прокатка, і обробка прокату.

Лист товщиною менше 1-1,2 мм економічно вигідніше виготовляти за допомогою холодної прокатки, властивості та якість холоднокатаного листа значно вища, ніж гарячекатаного.

На станах холодної прокатки прокочують конструкційну вуглецеву сталь звичайної якості, конструкційну вуглецеву якісну сталь, леговану конструкційну сталь, високолеговані сталі та корозійностійкі, жаростійкі та жароміцні сплави.

Обов'язковими операціями виробництва холоднокатаної сталі є очищення поверхні гарячекатаних смуг (підкату) від окалини, прокатка на безперервних або реверсивних станах, термічна обробка, дресирування та оздоблення (різання тощо).

Технологія процесу отримання холоднокатаних смуг та листів з вуглецевих та легованих сталей наступна. Вихідною заготовкою є гарячекатаний метал у рулонах, отриманий на безперервних або напівбезперервних станах. Наступною операцією при виробництві холоднокатаних листів є очищення поверхні підкату від окалини за допомогою травлення, дробоструминної обробки або комбінованого методу (дробеструменева обробка та подальше травлення). У лінії травлення проводиться стикове зварювання гарячекатаних рулонів для їх укрупнення, обрізання поздовжніх кромки та промаслювання.

Отриманий металевий лист піддається травленню, так як поверхня матеріалу після впливу високих температур отримує окалину, після чого проводиться зварювання металевих листів (якщо необхідно отримати виріб великого розміру), а також обрізання поздовжніх крайок. Подальша технологія передбачає прокатку заготовок через безперервні верстати або обладнання з реверсивним циклом роботи, а також відпалення. Метою виробництва є отримання безперервного тонкого листа сталі, який потім нарізується на листи потрібного розміру.

Після холодної прокатки вуглецева сталь стає твердою і має знижену пластичність. Для отримання структури, що забезпечує необхідні механічні та технологічні властивості, холоднокатана сталь повинна бути відпалена.

Для деяких низьколегованих сталей першою операцією є пом'якшувальний відпал підкату. Рекристалізаційний відпал проводять при 650-720°C. Він забезпечує досить високі механічні та технологічні властивості металу.

У цехах холодної прокатки для відпалу вуглецевої листової сталі широко застосовують ковпакові печі. Листи та рулони холоднокатаної сталі відпалюють також у чотиристопних ковпакових електричних печах. Термічна обробка смуг в агрегатах безперервного відпалу зменшує тривалість виробничого циклу і забезпечує отримання однорідніших властивостей металу, ніж при відпалі в ковпакових печах. Нагрів та охолодження смуги у

всіх зонах відбуваються в атмосфері захисного газу. При виході з печі смуга загартовується водою, що дозволяє отримати рівномірну аустенітну структуру.

Наступною за термічною обробкою операцією обробки холоднокатаної вуглецевої сталі є дресирування, яке полягає в холодній прокатці смуг з обтисканнями 0,5-3%.

В результаті дресирування помітно покращується поверхня листової сталі. М'якої листової сталі після відпалу дресируванням надається деяка пружність, що оберігає її від ламання та зминання при наступних операціях.

Дресирування вуглецевої сталі застосовується для запобігання появи ліній зсуву при штампуванні. Вони бувають настільки яскраво виражені, що навіть після фарбування та емальювання залишаються помітними.

До інших операцій обробки тонколистової вуглецевої сталі відносять поперечне і поздовжнє різання рулонів. Для цього в цехах холодної прокатки встановлюють агрегати поперечного та поздовжнього різання, а також комбіновані агрегати для поздовжнього та поперечного різання.

У сучасних цехах холодної прокатки прийнятий рулонний спосіб виробництва. В цьому випадку всі операції з виробництва холоднокатаної сталі ведуть в рулонах. Перед сортуванням рулон розрізається на листи.

Виробництво холоднокатаних листів рулонним способом забезпечує збільшення випуску продукції на тих же виробничих площах, дає можливість механізувати і автоматизувати більшість технологічних операцій, підвищує продуктивність праці, збільшує вихід придатного металу, покращує геометричну форму та властивості металу внаслідок стійкості технологічного процесу [2].

1.2 Обладнання прокатного цеху

Відомі два способи виробництва холоднокатаних листів: листовий і рулонний. Особливістю листового способу прокатки є те, що спочатку сталь

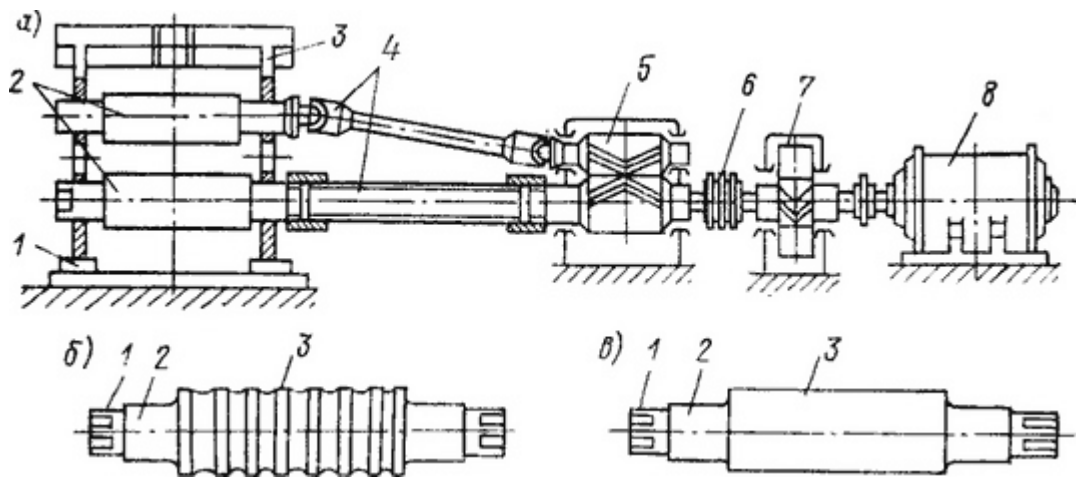
виготовляють в рулонах, які після холодної прокатки розрізають на листи і подальшу обробку (відпалення, дресирування, правку і т.п.) ведуть по одному листу.

Холодна прокатка гарячекатаних смуг проводиться на безперервних або реверсивних станах. При рулонному способі виробництва листів наступними операціями є: відпал у рулонах, дресирування, різання рулонів на листи на агрегатах поперечного різання з одночасною правкою та промаслюванням, сортування, упаковка та відвантаження листів.

Холодна прокатка вуглецевої сталі відбувається зазвичай за один переділ. У разі прокатки дуже тонких профілів з легованих сталей використовується прокатка на безперервному стані, проміжний відпал і подальша прокатка на реверсивному одноклітинному або безперервному дво- або триклітинному стані.

При прокатці застосовують стани різного призначення і конструкції в залежності від виконуваних на них операцій. Принципова схема пристрою двовалкового реверсивного прокатного стану приведено на рис. 1.1. Основною його частиною є робоча кліть, яка складається з станини з прокатними валками, встановленими на підшипниках. Обертання валкам передається від електродвигуна через пружну муфту, редуктор, головну муфту, шестерну кліть і шпинделі. Кількість валків в кліті може бути різним у залежності від призначення стану. Двохвалкові кліті застосовуються на блюмінгах і інших потужних станах.

Тривалкові кліті, в яких метал рухається в одну сторону між нижнім і середнім валками, а в зворотню – між верхнім і середнім валками, застосовуються для прокатки дроту і тонких смуг. Чотирьохвалкові і багатовалкові кліті, у яких два робочих валка розташовані між опорними валками, служать для прокатки товстих і тонких листів і смуг.



а – прокатний стан; 1 – станина; 2 – валки; 3 – робоча кліть; 4 – шпінделі; 5 – шестерна кліть; 6 – муфта; 7 – редуктор; 8 – електродвигун;
 б – калібрований валок; в – гладкий валок; 1 – трефа; 2 – шейка; 3 – бочка

Рисунок 1.1 – Обладнання для прокатки металу

Для прокатки великих заготовок (напівпродукту) квадратного перетину зі стороною квадрата 150-450 мм застосовують блюмінги. Блюмінгом називають обжимной стан, призначений для обтиску великих сталевих зливок в блюми. Блюм надходять на великосортні, середньосортні або дрібносортні стани, на яких прокатують круглу, квадратну, смугову і кутову сталі різних розмірів.

Слябінгом називають обжимной стан, на якому обжимаються злитки в сляби. Слідом за ним часто встановлюють заготовки з безперервним (лінійним) розташуванням клітей і вертикальними валками, характерними для станів, на яких прокатують листи.

Якщо за блюмінгом або слябінгом не встановлюють заготовочний стан, то їх продукція надходить на склад напівпродукту, звідки його поступово направляють для прокатки [3].

Усі стани холодної прокатки обладнані системами для охолодження валків та подачі технологічного мастила на смугу під час прокатки. Мастило

знижує коефіцієнт тертя між валками і смужкою, що прокочується, завдяки чому зменшується тиск металу на валки. Мастило не повинно розкладатися в осередку деформації при високих температурах. Це визначає допустиму швидкість прокатки. Як мастило застосовують органічні жири, мінеральні олії та різні синтетичні сполуки.

На стійкість процесу прокатки та можливість ведення процесу з високими швидкостями сильно впливає якість смуги, одержаної з травильного відділення. На смузі не повинно бути плям недотрава і перетрава; смуга має бути добре промита і не мати слідів залізного купоросу. Смуга має бути рівномірно промаслена. При змотуванні холоднокатаної смуги в рулони не можна допускати попадання емульсії між витками, щоб уникнути появи на смузі темних плям. Тому на високошвидкісних станах застосовують різні пристрої для запобігання потраплянню емульсії на смугу.

Недотримання цих вимог призводить до того, що при попаданні в осередок деформації ділянок смуги із зазначеними вище дефектами травлення різко змінюється коефіцієнт тертя.

Зміна коефіцієнта тертя призводить до порушення встановлених параметрів процесу безперервної прокатки, псуванню прокатних валків і до зупинки стану.

Для поліпшення якості змотування в нових травильних агрегатах замість машин, що згортають, застосовують моталки з системами, які стежать.

Значно знижує якість холоднокатаного листа та продуктивність стану незадовільне прокатування зварних швів.

Застосування в травильних агрегатах петлевих ям з нерегульованою петлею призводить до травмування поверхні гарячекатаної смуги. Це, у свою чергу, призводить до дефектів холоднокатаної смуги.

Валки станів холодної прокатки поряд з достатньою міцністю повинні мати високу твердість, яка б забезпечила отримання листової сталі з чистою і гладкою поверхнею. На точність розмірів одержуваних холоднокатаних

листів впливає ряд факторів: жорсткість кліті, робота системи автоматичного регулювання товщини, стабільність розмірів та профіль підкату та ін.

Налаштування стану холодної прокатки починають з установки направляючих провідок відповідно до ширини смуги, що прокочується, і перевірки щільності прилягання відкидних провідок до бочки нижнього робочого валка.

Налаштування валків станів холодної прокатки зводиться до встановлення паралельності валків, встановлення розчину валків та підбору швидкостей прокатки по клітях, що забезпечують отримання заданих розмірів та міжклітинних натягів після кожної кліті.

Остаточну паралельність установки валків перевіряють при прокатуванні переднього кінця смуги. Якщо передній кінець виходить по осі прокатки, валки встановлені паралельно. Перекіс усувають роботою одного з натискних гвинтів. Після цього продуктиметри встановлюють у нульове положення. Далі розчини валків та швидкість їх обертання налаштовують відповідно до таблиць режимів прокатки.

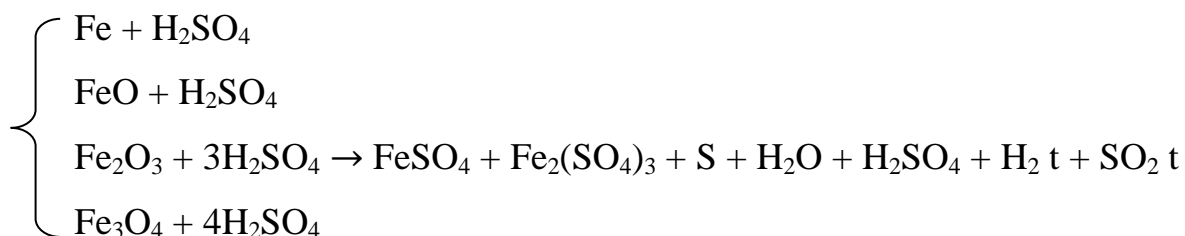
1.3 Технологія травлення листової холоднокатаної сталі

Підготовка поверхні підкату до холодної прокатки полягає в очищенні її від окалини, що утворилася під час гарячої прокатки. З поверхні гарячекатаних рулонів окалину видаляють для того, щоб вона не вдавлювалася при холодної прокатки і виходила чиста поверхня листів, яка в подальшому може піддаватися луженню, цинкуванню і т. п. Процес травлення призначений для видалення окалини з поверхні металу шляхом обробки її розчинами і проводиться в травильних відділеннях прокатного цеху. При цьому утворюється водень, бульбашки котрого при видаленні захоплюють деяку кількість травильного розчину, що і являє собою шкідливі викиди [3].

Для видалення окисленого шару зазвичай застосовуються ванни з розведеними кислотами, як наприклад, сірчаної, соляної, азотної, їх сумішами, а в окремих випадках – з плавиковою кислотою або кислими солями. Ці речовини надають, по-перше, чисто хімічну дію на окалину, з утворенням відповідних солей заліза і їх розчиненням, а по-друге, сам метал, реагуючи з кислотами, виділяє водень. Цей процес полегшує механічне відділення і відшаровування окалини, на розчинення якої і витрачається при травленні основна кількість кислоти. Концентрація свіжого травильного розчину буває різною, залежно від виду застосовуваної кислоти і матеріалу, що підлягає травленню. Найчастіше воно становить від 5 до 20%. Кількість вільної кислоти становить 2-7%.

Травлення вуглецевої сталі здійснюється переважно у розчині сірчаної кислоти. Швидкість травлення у розчині сірчаної кислоти з підвищенням її концентрації збільшується (максимальна концентрація розчину 25% H_2SO_4). На практиці застосовують розчини з концентрацією 20-24% H_2SO_4 , підігріті до 80-90°C, що також збільшує швидкість травлення. Швидкість травлення залежить також від попередньої деформації металу, при якій відбувається розпушування окалини, і від концентрації травильного розчину залізного купоросу FeSO_4 .

Процеси, які відбуваються під час травлення вуглецевих сталей концентрованою сірчаною кислотою в автоклавах травлення [4]:

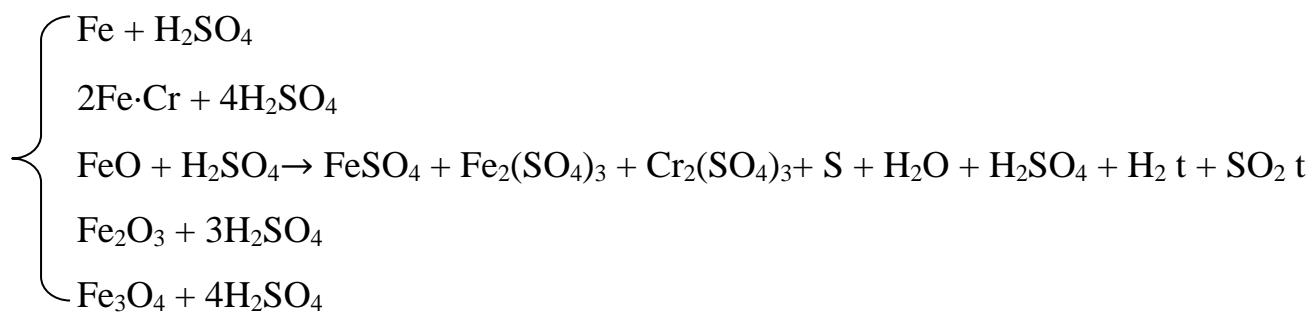


З наведеного видно, що при травленні сталей концентрованою сірчаною кислотою крім сульфатів заліза утворюються сірка, водень,

сульфур(IV) оксид і вода. Газоподібні продукти повинні відходити від автоклавів через газові лінії.

Таким чином, в відпрацьованих травильних розчинах окрім розбавленої сірчаної кислоти присутні суміш сульфатів заліза і сірка.

Реакції, які будуть відбуватися при травленні легованих сталей концентрованою сірчаною кислотою:



З представлених процесів видно, що при травленні концентрованими кислотами нержавіючих сталей крім сульфатів заліза утворюються сульфат хрому (III), сірка, водень, сульфур(IV) оксид і вода. Газоподібні продукти також повинні відходити від автоклава через газові лінії.

Таким чином, в відпрацьованих травильних розчинах окрім розбавленої сірчаної кислоти буде присутня суміш сульфатів заліза, сірки, сульфат хрому (III).

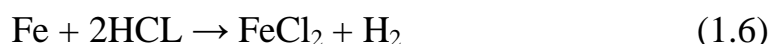
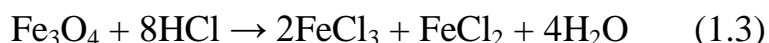
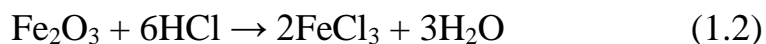
В останні роки для очищення гарячекатаних смуг з вуглецевої сталі в травильних агрегатах замість сірчаної кислоти почали застосовувати соляну, причому агрегати будують як горизонтального, так і вертикального (баштового) типів.

Для видалення іржі і окалини з поверхні сталі, зазвичай застосовують розчини 15 - 20% - ної соляної кислоти при температурі 30 - 40 °С. В якості інгібіторів використовують органічні присадки. Для травлення чавунних деталей можна використовувати нерозбавлену соляну кислоту [4].

Соляна кислота швидше розчиняє оксиди заліза, ніж сірчана. Відомо, що в травильному розчині соляної кислоти оптимальної концентрації (10%) швидкість розчинення заліза в 10 разів вище, ніж закису заліза. Зі збільшенням концентрації HCl швидкість розчинення оксидів заліза зростає

більшою мірою, ніж самого заліза. У той же час в 10% -ної H_2SO_4 при температурі $40\text{ }^\circ\text{C}$ швидкість розчинення металевого заліза в 70 разів вище, ніж оксидів [5].

Реакції, які будуть відбуватися при травленні легованих сталей концентрованою соляною кислотою:



З наведених реакцій з найбільшою швидкістю протікають реакції (1.1), (1.5). Прискорене розчинення металу і виділення водню в процесах травлення в розчинах соляної та сірчаної кислот має ряд несприятливих наслідків: великі втрати металу (до 2-4%) і кислоти, окрихчування сталі в результаті впровадження в неї водню, що утворюється в процесі травлення.

Травлення в розчинах соляної кислоти проводять при більш низьких температурах через високу летючість її парів, що шкідливо впливають на організм людини і викликають корозію обладнання. Травлення ведуть до зниження концентрації кислоти в розчині до 5-7%.

Таким чином, аналіз показав, що використання соляної кислоти дозволить удвічі пришвидшити процес травлення та знизити втрати металу на 20-25 % в порівнянні з сірчаноокислим процесом.

Травлення соляною кислотою проводиться при більш низькій температурі (максимум $30\text{-}40\text{ }^\circ$), сірчаною кислотою – при більш високій (не вище 80 °). Перевагу будь-якій кислоті робиться в кожному випадку окремо, з урахуванням вартості транспортних витрат, характеру подальшої обробки металу, складу стічних вод і їх скидання, тобто чинників, з якими має

вважатися кожне підприємство. Для зменшення витрати кислоти і запобігання розчиненню кислотою металу застосовують різні, найчастіше органічні, добавки, так звані присадки (інгібітори) або регулятори травлення, з яких найбільш відома травильна присадка Фогеля.

1.4 Обладнання травильних відділень

Видалення окалини з поверхні нержавіючої листової сталі здійснюють кислотним, лужно-кислотним та електролітичним травленням. Для видалення окалини у безперервних травильних агрегатах використовують розчин сірчаної кислоти з добавкою кухонної солі та натрієвої селітри. У відбілюючій ванні розчин складається з азотної та сірчаної кислот.

Кислотне травлення є малопродуктивним і не забезпечує рівномірного видалення окалини та отримання чистої поверхні металу.

При лужно-кислотному травленні смуга спочатку проходить лужне травлення в розплаві 75-80% NaOH і 20-25% NaOH₃ при температурі 450-550°C. Після обробки в розплаві луги смуга надходить у ванну для промивання водою.

Після промивання смуги у ванні з гарячою водою на смугі залишається чорний або коричневий колір, що представляють переважно оксиди заліза і нікелю, які не розчиняються в лужному розплаві. Тому після промивання смуга надходить у ванну для травлення у розчині сірчаної кислоти з добавкою кухонної солі. Кислотний розчин підігрівають до 80-90°C.

Із кислотної ванни смуга надходить у ванну для промивання водою, в якій встановлені щітки для чищення та миття, а потім у ванну, де відбувається відбілювання та пасивування (створення захисної плівки на поверхні) у 6-8%-ному розчині NaH, підігрітому до 45 -50°C. Після цього смуга проходить до мийно-сушильного пристрою.

При гідридному методі травлення видалення окалини здійснюється за допомогою відновлення її натрію гідридом NaN , який утворюється в результаті реакції між металевим натрієм і воднем.

Для видалення окалини з поверхні гарячої смуги застосовують травлення в сірчаній або в соляній кислоті, яке можна здійснювати періодично і безперервно.

В останні роки для очищення гарячекатаних смуг із вуглецевої сталі в травильних агрегатах замість сірчаної кислоти стали застосовувати соляну, причому агрегати будують як горизонтального, так і вертикального (баштового) типів.

Періодичне травлення застосовують при підготовці листів до нанесення захисних покриттів (цинкування). Агрегат карусельного типу розташований в невеликому окремому приміщенні, сполученому з цехом тільки прорізом, через який карти листів подаються тільки з поворотного столу в відкриту ванну і повертаються назад. Для запобігання вибивання пари ванни забезпечені бортовим відсмоктувачем і передувом парів (повітряною завісою). Для перешкоди парам рекомендується застосовувати вентилятори високого тиску (5 - 10 кПа). При цьому швидкість повітря у відкритому отворі приміщення повинна бути не менше 1 м/с [6].

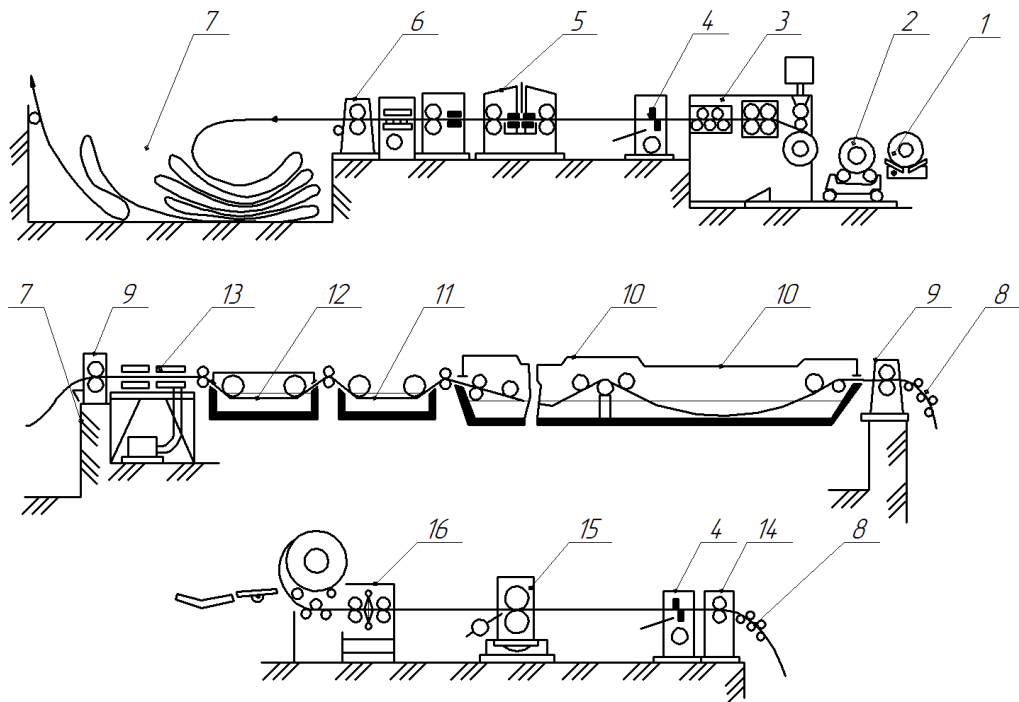
У сучасних цехах холодної прокатки травлення здійснюється у безперервних агрегатах, встановлених у травильних відділеннях (рис.1.2).

Основне обладнання лінії безперервного травлення.

Ділянка завдання рулонів.

На цій ділянці зазвичай встановлюється таке обладнання:

1. Пристрій, призначений для прийому гарячекатаних рулонів і транспортування їх до кантувача, ділянки підготовки рулонів.
2. Кантувальник рулонів, призначений для кантування рулонів з горизонтального положення у вертикальне на транспортері.
3. Транспортер призначений для подачі рулонів до ділянки підготовки, а потім у проліт безперервного травильного агрегату.



1 – конвеєр подачі рулонів; 2 – візок підготовки та подачі рулонів у розмивач; 3 – розмивач, окалиноруйнувач та травильна машина; 4 – ножиці; 5 – стикостворювальна машина; 6 – ролики, що протягують; 7 – петльова яма; 8 – травильні ролики безпривіді; 9 – ролики, які тягнуть і подають; 10 – травильна яма; 11 – ванна холодної промивки; 12 – ванна гарячої промивки; 13 – установка для сушки смуги; 14 – ролики, що тягнуть; 15 – дискові ножиці з кромкоруйнувачем; 16 – промаслювачий прилад і моталка роликів типу

Рисунок 1.2 – Схема безперервного травильного агрегата

Ділянка підготовки рулонів.

Ділянка підготовки рулонів призначена для обрізання рваного та потовщеного переднього кінця рулону. На ділянці потрібне наступне обладнання:

1. Розмотувач гарячекатаної смуги з механізмом завдання смуги в агрегат травлення.
2. Правильна машина призначена для виправлення кінцевих ділянок гарячекатаних смуг.

3. Гільйотинні ножиці для обрізання дефектних ділянок смуги та потовщеного заднього кінця рулону.

4. Стикозварювальна машина для зварювання смуг.

5. Петльові накопичувачі для створення запасу смуги, що забезпечує безперервну роботу технологічної частини агрегату при зупинках головної частини в момент підготовки та зварювання кінців смуг.

6. Розтяжна машина призначена для розпушування поверхневої окалини та правки профілю смуги.

Температура рулонів перед травленням повинна бути не вищою за 150°C.

Травильна секція.

Травильна секція зазвичай складається з кількох ванн. Це кілька ванн травлення та ванна промивання [6].

Зазвичай до складу травильних агрегатів входять чотири ванни завдовжки 20-25 м із кислотним розчином. В агрегатах безперервного травлення смуга проходить чотири травильні ванни з лужним розчином і водою і сушку гарячим повітрям, після чого змотується в рулони. При відсосі від однієї ванни 1200 м³/год повітря винесення сірчаної кислоти з парами води складає 7 кг/год, тобто близько 3% на добу. Для зменшення цих виділень ванни постачають подвійним кришками і гідравлічними затворами у бортів. Значно скорочують випаровування і винесення травильного розчину пінообразуючі добавки.

Свіжа кислота і вода через калібровані шайби безперервно надходить у ванну № 4, а надлишкова (відпрацьована) кислота переливається у ванну № 3; із 3-ї ванни надлишкова кислота переливається у ванну № 2 і т.д.

Травильний розчин, переливаючись з ванни у ванну, рухається назустріч смузі, що рухається, відмиває її і здійснює процес травлення, відновлюючи оксиди заліза з вищих до нижчих, а потім і до чистого заліза і утворюючи сульфат заліза, що випадає в осад.

При переливанні розчину з 4-ї ванни в першу в ньому поступово зменшується концентрація сірчаної кислоти (розчин виробляється) та збільшується концентрація сульфату заліза (FeSO_4).

Вихідна ділянка.

На вихідній ділянці встановлюють:

1. Сушильний пристрій для видалення вологи з протруєної смуги та остаточного сушіння.
2. Натяжні станції для створення натягу смуги в агрегаті.
3. Систему контролю над центруванням лінії.
4. Дискові ножиці для обрізання бічних кромek протруєної смуги.
5. Пост контролю якості травленої гарячекатаної смуги.
6. Гільйотинні ножиці для розрізання смуги при намотуванні рулонів необхідної маси та для вирізки дефектних ділянок.
7. Моталки для щільного змотування протруєної смуги в рулон.
8. Транспортер прийому рулонів з моталки та передачею їх на склад травленого підкату для станів холодної прокатки.

1.5 Характеристика сірчаноокислих відпрацьованих травильних розчинів

Процес обробки металу полягає в зануренні виробів у ванни з розчинами кислот з наступним промиванням цих виробів водою. При цьому утворюються стічні води двох видів – від власне травлення (відпрацьовані розчини) і від промивання протравлених металевих виробів.

Стічні води після промивання виробів містять близько $0,5 \text{ кг/м}^3$ сірчаної кислоти і залізного купоросу. Кількість стічних вод після обробки виробів іншими кислотами незначно в порівнянні з кількістю вод після обробки сірчаною кислотою. Промивні стічні води і стічні води з вмістом інших кислот направляють на нейтралізаційну установку, де вони нейтралізуються вапняним молоком, а потім подаються на тривале

освітлення в шламонакопичувачі. Освітлена вода може бути скинута в водойму або використана.

При прокаті трансформаторних сталей стічні води містять до 15 кг/м³ кремнієвої кислоти. Перед тим, як подати ці води в купоросну, необхідно витягти кремнієву кислоту на обескремніваючої установці. Стічні води, що утворюються при митті підлоги травильних відділень, ванн, апаратури, зазвичай направляють на нейтралізаційну установку.

Відпрацьований розчин травильних ванн є найбільш концентрованою частиною стічних вод і містить велику кількість залізного купоросу або хлорного заліза, а також вільну кислоту, окалину і іржу.

Стічні води травильних ванн містять на початку роботи ванни до 10-20% кислоти, але в процесі травлення концентрація розчину поступово зменшується за рахунок утворення сірчаноокислого закису заліза (залізного купоросу), хлорного або азотнокислого заліза, разом з тим падає і швидкість процесу травлення. Втративши здатність швидкого і ефективного травлення розчин, який вимагає видалення, має температуру до 80°C і містить зазвичай 30-100 г/л вільної сірчаної кислоти і 100-300 г/л солей заліза. В середньому виходить 0,5 м³ концентрованих стічних вод на 1 т готової продукції (металу), які випускаються періодично при зливі ванни 2-3 рази на добу.

Характерною рисою всіх стічних вод травильних відділень є низька концентрація кислот і висока – іонів металів. Склад відпрацьованих стічних вод при травленні металу сірчаною кислотою наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Склад відпрацьованих стічних вод при травленні сірчаною кислотою

Показник	Величина
Зважені речовини, г/л	0,25–0,50
Залізний купорос, г/л	100–300
Сірчана кислота, г/л	30–100
Залізо, г/л	40–76
Сульфати, г/л	90–150
pH	1–2
Температура, °C	80

Скид таких розчинів в водойми є неприйнятним як з екологічного так і з економічного погляду [7].

1.6 Аналіз існуючих способів очистки відпрацьованих травильних розчинів прокатного виробництва

Застосування відповідного способу нейтралізації стічних вод травильних ванн залежить перш за все від характеру їх стоку, кількості і складу. Приймають що на 1 т використаної кислоти в травильних процесах утворюється в середньому 5-7 м відпрацьованих травильних розчинів і 100-150 м промивних вод. В процесі їх очищення часто застосовують різні методи, з метою виділення продуктів травлення та відновлення первинних складових травильної ванни.

Найбільш доцільним рішенням проблеми знешкодження відпрацьованих травильних розчинів є регенерація з отриманням розчинів сірчаної кислоти, які повертають в процес травлення, та оксидів заліза, які використовують у доменному виробництві [8].

Відомі методи регенерації травильних розчинів можливо поділити на нейтралізаційні, термічні, іонообмінні та екстракційні.

1.6.1 Метод кристалізації

З точки зору економічної доцільності і екологічної безпеки відпрацьовані травильні розчини необхідно піддавати такій регенерації, при якій з відпрацьованих розчинів вивільняються не тільки «вільні», але і «зв'язані» (із солей) кислоти, а значить процес регенерації повинен здійснюватися в напрямі, зворотному процесу травлення металу.

Відомий спосіб регенерації сірчаної кислоти з ВТР шляхом окислювання киснем сульфату заліза (II) у сульфат заліза (III), випарювання розчину до випадання кристалів сульфату заліза (III), відділення кристалів і

розчинення їх у воді, очищення отриманого розчину від заліза за допомогою катіоніта й одержання 50%-го розчину сірчаної кислоти, промивання катіоніта соляною кислотою й одержання розчину хлорного заліза [патент Японії, № 53-3992].

Одержанню очікуваного технічного результату при використанні цього способу перешкоджає недостатній ступінь регенерації сірчаної кислоти, тому що витягається тільки «вільна» кислота, а «зв'язана» - у виді сульфатів заліза (II) і (III), переходить у відхід, який необхідно піддавати подальшій переробці, що знижує економічну ефективність і екологічну безпеку.

Найпростішим способом попередньої часткової утилізації солей заліза є висаджування їх в кристалізаторах. Так діють при регенерації розчинів, що містять сірчану кислоту, з яких осідає семиводний сульфат заліза.

Купоросні установки обладнані вакуум-ежекційними агрегатами періодичної дії продуктивністю 500-1500 т/рік і безперервної дії продуктивністю 3000 т/рік. Травильні розчини з температурою 60 – 90°C подають в випарники, де за рахунок вакууму, створюваного пароежекторами, відбувається випаровування розчину. Після цього розчин потрапляє в кристалізатори. В останньому кристалізаторі при тиску 7 мм.рт.ст. і температурі 10°C утворюється суміш кристалів купоросу і розчину сірчаної кислоти, яку додають в кристалізатор для інтенсифікації процесу висадки купоросу [8].

Кристалізація проводиться політермічним способом в ході охолодження розчину. Відпрацьовані розчини травильних ванн при цьому методі піддають охолодженню у відкритих ємностях. Утворення осаду сульфату заліза може відбуватися в результаті зміни розчинності FeSO_4 зі збільшенням концентрації сірчаної кислоти. Утворений в них залізний купорос відокремлюють на центрифугах або шляхом відстоювання. Частину стічних вод нейтралізують і скидають у водойму. Повна залежність роботи кристалізаторів від пори року робить цей прийом утилізації малоефективним.

1.6.2 Метод нейтралізації

Нейтралізацію здійснюють у наступних цілях:

- для запобігання корозії матеріалів каналізаційних мереж й очисних споруд;
- щоб уникнути порушення біохімічних процесів у біологічних окиснювачах й у водоймах;
- для осадження зі стічних вод солей важких металів.

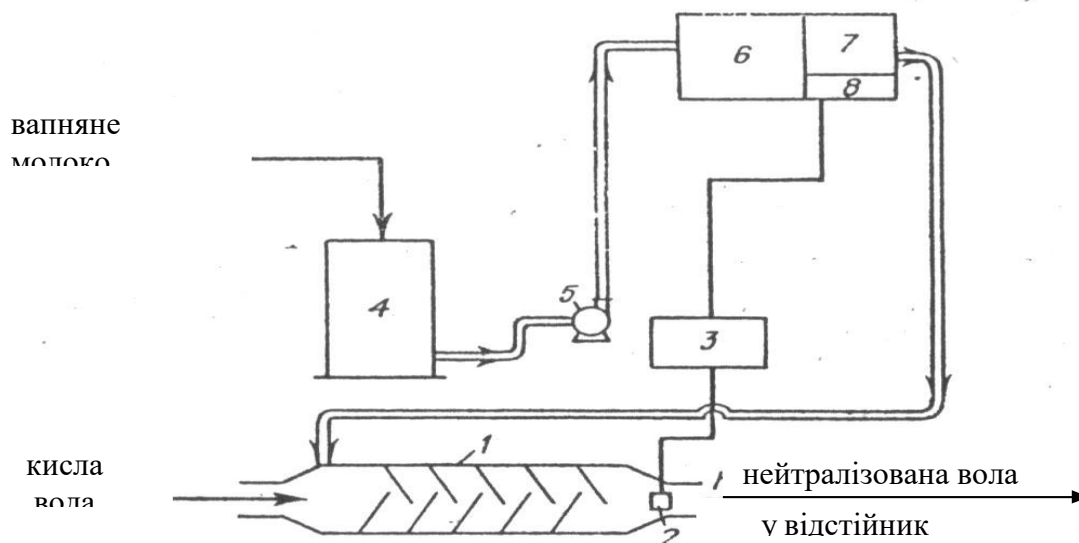
Нейтралізаційні способи ґрунтуються на обробці відхідних розчинів лужними реагентами. В якості реагентів в таких способах найчастіше використовують кальцію гідроксид, вапнякове молоко. Для нейтралізації кислих вод можуть бути використані: NaOH, KOH, Na₂CO₃, NH₄OH (аміачна вода), CaCO₃, MgCO₃, доломіт (CaCO₃ MgCO₃). Однак найбільш дешевим реагентом є гідроксид кальцію (вапняне молоко) зі змістом активного вапна Ca(OH)₂ 5-10%. Іноді для нейтралізації застосовують різні відходи виробництва, наприклад, шлаки сталеплавильного, ферохромового й доменного виробництв використовують для нейтралізації вод, що містять сірчану кислоту. Час контакту стічних вод і реагенту в камерах реакції повинний бути не менше 5 хв, для кислих вод, що містять розчинені іони важких металів - не менше 30 хв.

Вапно для нейтралізації вводять у стічну воду у виді гідроксиду кальцію (вапняного молока; «мокре дозування») або у виді сухого порошку («сухе» дозування). Схема установки для нейтралізації кислих вод вапняним молоком показана на рисунку 1.3.

Установки для нейтралізації стічних вод включають реагентне господарство, усереднювачі, змішувачі, контактні резервуари, відстійники для виділення шламу.

Для змішування стічних вод з вапняним молоком застосовують змішувачі різних типів: дірчасті, перегородчасті, вихрові, з механічними

мішалками або барботажні з витратою повітря 5-10 м³/год на 1 м² вільної поверхні.



1 – змішувач; 2 – заглибний датчик; 3 – прилади системи втоматичного регулювання; 4 – збірник вапняного молока; 5 – насос; 6 – прийомна частина дозатора; 7 – дозатор; 8 – виконавчий механізм

Рисунок 1.3 – Схема установки нейтралізації стічних вод

Кисла вода з усереднювача потрапляє до змішувача 1, який є одночасно і контактним резервуаром. Заглибний датчик 2, встановлений на виході зі змішувача, а також прилад системи автоматичного регулювання 3 дозволяють здійснювати автоматичне регулювання рН вод на виході зі змішувача. Вапняне молоко зі збірника 4 насосом 5 подається у прийомну частину 6 дозатора 7.

Час перебування води в камері нейтралізації при використанні вапняного молока складає 5-30 хвилин в залежності від наявності у воді солей важких металів та інших домішок.

Під час нейтралізації стічних вод, що містять сірчану кислоту, вапняним молоком в осад випадає гіпс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Розчинність гіпсу мало міняється з температурою. При переміщенні таких розчинів відбувається відкладення гіпсу на стінках трубопроводів й їхнє забивання. Для усунення забивання трубопроводів необхідно промивати їх чистою водою або

додавати в стічні води спеціальні пом'якшувачі, наприклад гексаметафосфат. Збільшення швидкості руху нейтралізованих вод сприяє зменшенню відкладень гіпсу на стінках трубопроводу.

Залежно від кількості вод, що підлягають нейтралізації, змінюється добова витрата вапна.

Міцність вапняного розчину при нейтралізації 5 - 10%; при розрахунку потреби вапна для нейтралізації прийняте усереднене вапно з 50% активності.

Витрата вапна на нейтралізацію залежить від концентрації кислоти в промивних водах.

Кількість шламу, що виходить в результаті нейтралізації сірчано-кислотних стічних вод товарним вапном, становить близько 2 т на 1 т вапна.

Вологість шламу, одержуваного в результаті нейтралізації, після тригодинного відстоювання становить 99%, тобто 200 м³ шламу на 1 т товарного вапна [8].

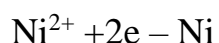
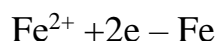
Процес регенерації сірчаної кислоти нейтралізаційним способом має переваги: широкий інтервал початкових концентрацій, універсальність, простота експлуатації, відсутня необхідність розділення промивних вод та концентрованих розчинів.

Недоліки: процес є багатостадійним та потребує додаткову витрату реагентів, громіздкість обладнання, важкість вилучення з шламу важких металів для утилізації, потреба у значних площах для шламовідвалів. Частіш за все сірчано-кислі розчини після нейтралізації вивозять на відведені для захоронення ділянки.

1.6.3 Електрохімічні методи

Електроліз.

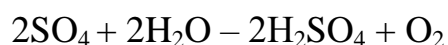
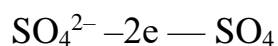
Електрохімічні методи очищення засновані на проходженні електричного струму через розчин електроліту та фізико-хімічних процесах, що відбуваються на електродах. При електролізі на поверхні електродів відбувається передача електричних зарядів іонам, молекулам або атомам розчину, тобто протікають окислювально-відновлювальні процеси. На катоді відбувається відновлення водню та іонів металів (приєднання електронів) з утворенням вільних металів та водню, наприклад:



тобто, проходить такий самий процес, як і при нанесенні гальванопокриттів. На цих реакціях при очищенні стічних вод заснована електроекстракція (витяг) металів.

Процеси на катоді переважно визначаються складом розчину. На процеси, що протікають на аноді, крім складу електроліту, впливає матеріал, з якого зроблено анод, оскільки характер окислювальних процесів різко змінюється.

У разі нерозчинних анодів при електролізі розчинів кислот, лугів та солей виділяється кисень.



Найбільшого поширення в практиці очищення стічних та природних вод знайшли електроліз та електродіаліз. У промисловості застосовують кілька способів електролізу для регенерації кислот н вилучення металів: простий електроліз без мембран; із пористою мембраною; із селективними іоноактивними мембранами.

При електролізі витрата електроенергії досягає 6500 кВт-год на 1 т металу. Тому цей метод економічно не вигідний.

Електродіаліз.

Катіонітова селективна мембрана, як і катіоніт, містить групи атомів з фіксованим негативним зарядом. Внаслідок відштовхування цих атомів через

мембрану не можуть проходити аніони (хлорид, сульфат, нітрат, OH^- іони), що мають негативний заряд. Позитивні катіони (натрій, калій, кальцій, залізо та ін.), навпаки, входять в капілярні пори катіонітової плівки і під дією електричного струму переміщуються до катода.

Аніонітові мембрани мають протилежний заряд і аналогічно пропускають аніони. Існують також біполярні мембрани, одна поверхня яких має властивості катіонітової, а інша - аніонітової мембрани.

Мембранні процеси при електродіалізі підпорядковуються законам іонної рівноваги. Ефективність методу знижується через супутні процеси мембранної поляризації, зворотної дифузії електроліту, перенесення води за рахунок осмотичних явищ та ін.

Розроблено регенерацію сірчаноокислого ОТР з отриманням металевого заліза у двокамерній ванні з аніонітовою мембраною, свинцевими анодами та сталевими катодами. При випробуваннях вдалося регенерувати до 80-90% сірчаної кислоти, витрата електроенергії становила 1000-1200 кВт-год/м³ [9].

Запропоновано застосування трикамерних електродіалізаторів, в яких ОТР також направляють у катодну камеру. У таких ваннах внаслідок застосування катіонітової мембрани можна регенерувати не тільки сірчаною кислотою, але і соляною кислотою, а також змішані розчини.

У всіх випадках при електродіалізі катіони переходять до катодної камери, частково відновлюються. Внаслідок підключення середовища гідроксид хрому може випасти в осад. Хром частково окислюється на аноді та викликає ускладнення протікання процесу.

На заводах Сіменс-Шукерт в Гартен-Фельд (біля Шпандау) [9] доводять концентрацію міді в травильному розчині до 40 г/л (при вмісті вільної сірчаної кислоти 150 г/л) і після цього розчин очищають від міді електролітичним способом. Для цього використовують ванни з кислототривкої кераміки з анодами з свинцевого сплаву, в якості катодів служать відходи листової міді (з прокатних станів) або спеціально виготовлений тонкий катодний лист. Щоб отримати при невеликих розмірах

установки високу продуктивність, необхідно працювати з щільністю струму, що дорівнює 250 амп/м, що може бути досягнуто тільки при ретельному перемішуванні електроліту.

До недоліків електродіалізу як методу регенерації концентрованих розчинів відносяться: дефіцитність кислотостійких мембран, зниження їх якості з часом, чутливість мембран до зміни параметрів стоків, що очищаються, висока вартість електроенергії, складність експлуатації, складність виділення чистих металів на катоді при регенерації ОТР від травлення легованих сталей та ін. Незважаючи на недоліки, метод електродіалізу дуже перспективний. При підвищенні якості та зниженні вартості мембран, а також електроенергії електродіаліз зможе конкурувати з іншими методами регенерації кислот, особливо для установок невеликої продуктивності.

У промисловості електродіаліз застосовується для опріснення води. Опріснення води, що містить сульфат кальцію, при електродіалізі неможливе через утворення відкладень на мембранах при концентруванні. Тому застосувати електродіаліз для очищення продувних вод оборотних циклів травних відділень при вапняній нейтралізації не можна. Електродіаліз може застосовуватися при очищенні промивних вод відділень покриттів, як і випарювання або іонний обмін.

Електролітичний спосіб обробки [9] травильних розчинів, який отримав таке широке поширення у Франції, Америці та Німеччині, вимагає для постійного регулювання концентрації в травильному розчині кислоти (без добавки вільної кислоти) значних капіталовкладень і тягне за собою великі експлуатаційні витрати, значну витрату електроенергії, значну витрату металевих анодів.

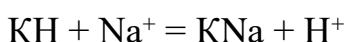
Хоча його застосування, по суті, і є ідеальним рішенням проблеми очищення стічних вод травильного виробництва, воно виявляється доцільним лише там, де має місце скидання великої кількості порівняно концентрованих травильних розчинів, для переробки промивних вод він взагалі непридатний.

Переваги: висока продуктивність, простота експлуатації, малі площі, що займає обладнання, мала чутливість до змін параметрів процесу, можливість утилізації цінних компонентів; незначна витрата реагентів.

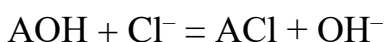
1.6.4 Іонообмінний метод

Метод заснований на здатності ряду речовин обмінювати свої іони в еквівалентному співвідношенні на іони оброблюваного розчину [10].

Залежно від властивостей активних групи, що входять в іоніти, розрізняють іоніти з рухомим катіоном (катіоніти) та нерухомим аніоном (аніоніти). Реакція іонного обміну може бути як гетерогенна реакція подвійного обміну. На катіоніті йде реакція:



на аніоніті



Тут К і А — нерозчинні частини іоніту, що несуть заряд, що визначає природу іоніту: негативний — катіоніти і позитивний — аніоніти. Іоніт можна розглядати як нерозчинні кислоти (катіоніти) та основи (аніоніти).

При пропусканні через катіоніт кислоти реакції протікатимуть справа наліво, катіоніт перейде в Н-форму. Цей процес називається регенерацією. Після регенерації через катіоніт можна пропускати воду, що містить іони натрію, кальцію та ін. При цьому катіоніт поступово переходить у відповідну натрієву, кальцієву форму. Аналогічно аніоніт може перебувати в ОН-, хлор, сульфат-формі. Перехід з однієї форми в іншу супроводжується звільненням еквівалентної кількості відповідних іонів. Для більш менш повного насичення іоніту повинен бути надлишок іонів. Ступінь насичення, тобто положення рівноваги, характеризується константою рівноваги (константою обміну), що залежить від природи іоніту, температури та ін.

Іонний обмін залежно від способу здійснення поділяється на статичний (сорбент знаходиться в одноразовому контакті з розчином) і динамічний

(вихідний розчин пропускають через шар іоніту в одному напрямку). У промисловості застосовують динамічний спосіб. І тут вдається повністю витягти з розчину потрібний компонент

Іонний обмін - незамінний спосіб отримання глибоко знесоленої води, найбільш поширений спосіб пом'якшення при водопідготовці, при вилученні цінних металів та ін. [10].

Іонний метод використовують для регенерації ОТР від травлення легованих сталей, коли при великій мірі вироблення розчину (вміст іонів – 50 г/л) травлення не допускається.

Все зростаючий обсяг виробництва металу з гальванічними покриттями потребує застосування досконалих методів очищення великої кількості промивних вод відділень покриттів.

Нейтралізація не забезпечує достатньо низького солевмісту відповідно до технологічних вимог. Якщо за умовами виробництва касадна промивка відсутня і концентрація забруднень невисока (до 2—3 г/л), доцільно застосовувати іонний обмін.

Крім очищення стічних вод гальванічних виробництв із вилученням цінних компонентів, іонний обмін застосовується і при очищенні промивних вод солянокислого або змішаного травлення, де нейтралізація не забезпечує зниження солевмісту через високу розчинність сполук, що утворюються.

Необхідність регенерації (як правило, із витратою великої кількості реагентів) та подальшої переробки елюатів, а також порівняно висока вартість та відсутність високоселективних іонітів з необхідними властивостями, громіздкість обладнання, складність експлуатації, необхідність попереднього поділу промивних вод від концентратів обмежують широке поширення цього методу.

Переваги: можливість очищення вимог ГДК, можливість утилізації важких металів.

1.6.5 Екстракційний метод

Метод заснований на вилученні з розчинів тієї чи іншої речовини за допомогою селективних розчинників (екстрагентів). Екстракція складається із трьох етапів: контактування вихідного розчину з екстрагентом; механічного поділу суміші двох фаз; вилучення екстрагента з кожної фази. Для екстракції з води солей і кислот повинні застосовуватися речовини, що мають високу селективність, низьку розчинність у воді, низьку летючість, стійкість, нетоксичність та ін. В якості екстрагентів використовують різноманітні речовини. Для кожної стадії процесу (контактування, поділ фаз і регенерація) розроблені апаратура, а також технологічні схеми. Для регенерації екстрагента застосовують дистиляцію, висолювання і т.д. Екстракційний метод широко поширений у хімічній технології. У гідрометалургії екстракція використовується для отримання цінних і рідкісних металів. В якості екстрагентів підбирають речовини, що володіють найбільшою селективністю по відношенню до компоненту, що видобувається.

Як метод переробки ОТР екстракція прийнятна у тих випадках, коли ступінь вироблення розчинів невисока (при екстракції кислот), а також при вилученні цінних або токсичних компонентів. Так, у Швеції запропоновано екстрагувати азотну та плавикову кислоти з ОТР [11]. Після фільтрування до ОТР азотно-плавикового травлення додають сірчану кислоту для витіснення азотної та плавикової кислот із їх солей. Потім обробляють розчин екстрагентом. За розрахунковими даними, ступінь вилучення кислот 95%.

При екстракції досягається лише частковий поділ речовин, і тому застосовувати це необхідно у поєднанні з іншими методами.

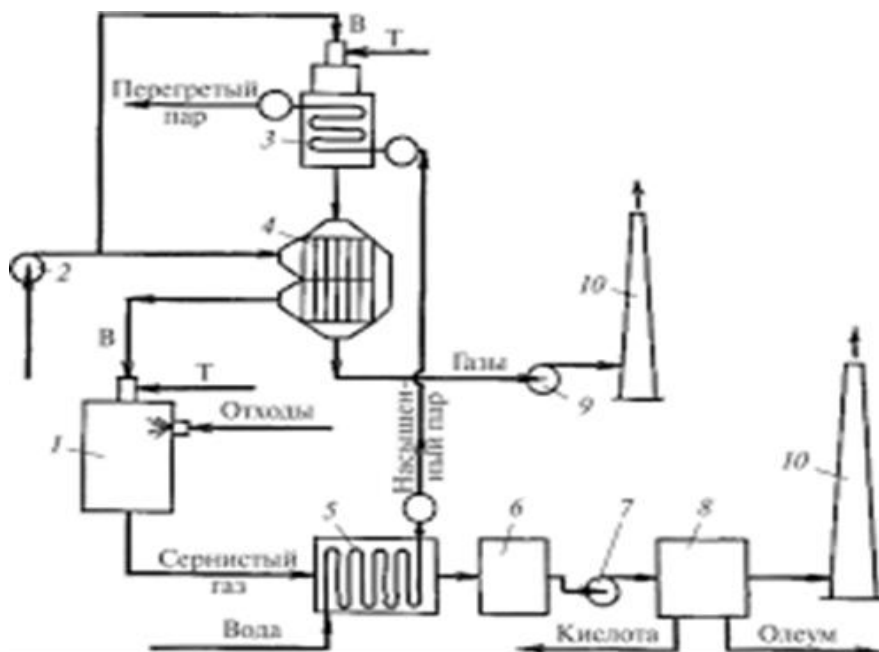
Екстракцію можна вважати дуже перспективним методом для вилучення цінних компонентів з розчинів, а також для їхньої регенерації.

1.6.6 Термічний метод

Найбільш поширеними в промисловості є термічні методи регенерації сірчаноокислих травильних розчинів.

Максимально повну регенерацію концентрованих травильних розчинів забезпечує їх обробка термічним методом, так званим методом випалювання. Відповідно до цього методу травильні розчини разом з водою випарюють, а метали шляхом їх випалювання переводять в оксиди. Залишкові кислоти, присутні в формі їх металевих солей, регенерують у вигляді вільних кислот в дистилаті, що отримуються в обпалювальній установці. Подібний підхід дозволяє обробляти концентровані травильні розчини практично без утворення стічних вод і відходів.

Найбільшого поширення набула регенерація сірчаної кислоти вогневим методом, у якому відбувається високотемпературне розщеплення кислоти. Метод універсальний та високоефективний (рис.1.4).



1 – вогневий реактор; 2 – повітродувка; 3 – пароперегрівач; 4 – повітропідігрівач; 5 – котел-утилізатор; 6 – система очищення; 7 – газодувка; 8 – вузол отримання кислоти; 9 – димосос; 10 – димова труба

Рисунок 1.4 – Схема термічного методу регенерації сірчаної кислоти

При вогневому методі використовується концентрована сірчана кислота, тому при необхідності попередньо проводять випаровування відпрацьованої кислоти до необхідної концентрації. Процес термічного розщеплення кислоти та окислення органічних домішок проводять при 950-1200°C, для чого в вогневому реакторі спалюють паливо.

Сірчаноокислотні розчини за допомогою форсунок розпорошують в потоці продуктів згоряння палива в вогневому реакторі 1. Туди ж за допомогою повітродувки 2 подається повітря, попередньо пропущений через повітропідігрівач 4. Органічні домішки при цьому окислюються з утворенням CO_2 і H_2O , а сірчана кислота розпадається з отриманням SO_2 . Серністий газ з вогневого реактора надходить у котел-утилізатор 5, а з нього в систему очищення 6, де очищається від пилу, сірчаноокислотного туману і піддається осушуванню, після чого за допомогою газодувки 7 подається у вузол отримання кислоти 8. Насичена пара з котла-утилізатора 5 подається на пароперегрівач 3, а звідти - споживачам. Очищені димові гази за допомогою димососа 9 викидаються в атмосферу через димову трубу 10.

Вогнева регенерація сірчаної кислоти з відходів дозволяє одночасно з їх знешкодженням отримувати товарну продукцію високої якості. Це призводить до скорочення витрат природної сировини та зниження витрат на виробництво сірчаної кислоти на 25—30% порівняно з її виробництвом із первинної сировини (елементарної сірки).

Для рентабельної регенерації сірчаної кислоти з аналізованих відходів необхідне їхнє попереднє зневоднення (концентрування). У зв'язку з відсутністю у відходах летких речовин концентрування можна здійснити методом упарювання в контактних теплообмінниках за рахунок теплоти сірчистого газу, що відходить з вогневого реактора. При цьому одночасно відбувається загартування газу.

Вміст води в випареному розчині залежить від температури газів, що відходять з вогневого реактора, і від вмісту води у вихідному розчині. Якщо у вихідному розчині є 60—70 % води, то після упарювання його газами, що

відходять, з температурою 950—1000°C вміст води знижується до 35—40%. При вогневій переробці таких розчинів концентрація SO_2 у сірчистому сухому газі — не менше 7%. Сильно розбавлені розчини, що містять більше 80% води, після випаровування містять її не більше 60%. При вогневій переробці таких розчинів з метою одержання сірчистого газу з вмістом SO_2 не менше 6% як паливо використовують сірку або сірководень, а також збагачують киснем дутьове повітря.

Для більш повного перетворення SO_3 в SO_2 у вогневому реакторі доцільно двоступінчасте спалювання палива.

У першому ступені термічне розщеплення сірчаної кислоти та сульфатів здійснюється у відновлювальному газовому середовищі (у продуктах неповного горіння палива), а у другому ступені відбувається допалювання продуктів неповного горіння за рахунок подачі вторинного повітря.

При вогневій утилізації відпрацьованих травильних розчинів та гідролізної сірчаної кислоти одержують побічний продукт — порошкоподібний оксид заліза. У тому випадку, якщо травильні розчини не забруднені різними домішками, оксид заліза, що отримується, застосовується у виробництві барвників, активних катодних мас, феритних порошоків і т. д. Забруднений оксид заліза використовується як металургійна сировина. У процесі регенерації травильних сірчаноокислотних розчинів утворюється сульфат заліза, який можна використовувати безпосередньо без додаткової обробки як отрутохімікат, а також для меліорації ґрунтів та очищення стічних вод. Крім того, цей продукт може використовуватися після відповідної переробки як сировину для одержання сірки та оксиду заліза.

Відомий спосіб термічного розкладання сірчаноокислотних ВТР при температурі 900-1300°C у полум'ї вуглецевого матеріалу [патент Великобританії, № 1462925].

Одержанню очікуваного технічного результату при використанні цього способу перешкоджає неповнота регенерації сірчаної кислоти, у зв'язку з

відновленням значної маси сірчаного ангідриду до сірчистого ангідриду, і в необхідності додаткових операцій по очищенню газів, які відходять, від сірчистого ангідриду, що знижує економічну ефективність.

Відомий спосіб термічного розкладання відпрацьованої сірчаної кислоти шляхом розпилення розчину через ультразвукову форсунку, одночасної подачі палива і спільного спалювання суміші. При цьому, розкладання розчину протікає з утворенням сірчистого ангідриду, що не забезпечує регенерацію сірчаної кислоти [патент ФРН, № 2506438].

Відомий спосіб регенерації сірчаної кислоти з ВТР шляхом його випарювання при температурі $<1200^{\circ}\text{C}$, розпилення упареного розчину за допомогою повітря з одночасною подачею палива і спалювання суміші при температурі близько 1650°C [патент Великобританії, № 1120072].

Одержанню очікуваного технічного результату при використанні цього способу перешкоджає утворення значної маси сірчистого ангідриду, що знижує ступінь регенерації сірчаної кислоти, і необхідність застосування матеріалів, стійких в агресивних середовищах при температурі близько 1650°C . Крім того, необхідне використання дорогого очищення газів, що відходять, від сірчистого ангідриду.

Відомий також спосіб регенерації відпрацьованих сірчаноокислотних розчинів шляхом випарювання при температурі не вище 139°C , змішування упареного розчину з паливом, що містить вуглець, і спалювання суміші в окисному середовищі при температурі близько 1670°C . Гази після спалювання суміші пропускають через сухий сепаратор для осадження оксиду заліза, а потім уловлюють сірчаний ангідрид водою в скрубєрі [патент США, №5380007].

Недоліки при використанні цього способу – недостатній ступінь регенерації сірчаної кислоти у зв'язку з утворенням сірчистого газу та необхідність застосування дефіцитних матеріалів, стійких в агресивному середовищі при температурі близько 1670°C .

Термічні методи використовують в основному для отримання залізоокисного пігменту.

Існує спосіб регенерації сірчаноокислотних ВТР, що здійснюється у кілька стадій і включає концентрування упарюванням, термічне розкладання розчину після упарювання та конденсацію кислоти. [11].

Спочатку розчин концентрують упарюванням шляхом нагрівання гарячими газами, що містять сірчаний ангідрид з одержанням азеотропної суміші. Отриманий розчин подають у випарник і при температурі 450°C одержують безводні сульфати заліза і сірчаний ангідрид. Потім сульфати заліза розкладають в атмосфері кисню при температурі 600°C на оксиди металів, сірчаний і сірчистий ангідриди. Сірчаний ангідрид поглинають в абсорбері з утворенням розчинів сірчаної кислоти [патент ФРН, № 2643798].

Одержанню очікуваного технічного результату перешкоджають такі причини.

1. Виділення «зв'язаної» сірчаної кислоти за допомогою пірогідролізу можливе лише при попередньому повному окислюванні Fe^{2+} до Fe^{3+} (при повному перетворенні $FeSO_4$ у $Fe_2(SO_4)_3$), тому що сульфат заліза (II) гідролізується дуже слабо і, в основному, розкладається з утворенням сірчистого ангідриду. Однак окислювання Fe^{2+} киснем повітря в умовах термообробки в присутності сірчаної кислоти протікає порівняно повільно навіть при високих температурах і тисках; гідроліз $FeSO_4$ супроводжується утворенням основних солей. У свою чергу, неповнота окислювання сірчистого ангідриду (ефективне окислювання можливе лише в присутності каталізаторів, наприклад, платини) і низька швидкість його окислювання обумовлюють недостатній ступінь регенерації сірчаної кислоти.

2. Для здійснення способу за прототипом потрібна складна технологічна схема установки з великою кількістю високотемпературних газових потоків з поверненням сірчаного ангідриду на первісну стадію, що знижує інтенсифікацію процесу регенерації.

3. Крім того, на більшості підприємств чорної металургії організоване одночасне безперервне травлення вуглецевих сталей сірчаною кислотою і легованих сталей сумішшю азотної і плавикової кислот. При цьому було б доцільне таке технічне рішення, яке б дозволило на одній установці одночасно регенерувати як сірчано-кислотні, так і азотно-плавиково-кислотні ВТР. Однак комплексну регенерацію здійснювати неможливо, що суттєво знижує його економічну ефективність, тому що азотна і плавикова кислоти дорогі і дефіцитні.

В основу винаходу поставлено технічну задачу створити такий спосіб регенерації відпрацьованих травильних розчинів, в якому шляхом уведення нової сукупності дій дозволило б забезпечити досягнення технічного результату, що полягає в підвищенні ступеня регенерації сірчано-кислотних відпрацьованих травильних розчинів, інтенсифікації процесу, підвищенні економічної ефективності й екологічної безпеки процесу регенерації.

При цьому на першій стадії регенерації змішують азотно-плавиково-кислотні та сірчано-кислотні відпрацьовані травильні розчини в об'ємному співвідношенні (0,2-2,5):1. На другій стадії суміш упарюють при температурі 150-210°C і конденсують азотну і плавикову кислоти. На третій стадії упарену суміш термічно розкладають, відводять оксиди металів і конденсують сірчану кислоту.

Це дозволяє вести безперервну подачу вихідної суміші ВТР у випарний апарат і безперервний відвід упареного розчину на пірогідроліз у реактор з киплячим шаром, тобто здійснювати безперервний процес регенерації кислот із суміші ВТР. Процеси окислювання сульфату заліза (II), розкладання азотнокислих і фтористих з'єднань з утворенням і плавиковою кислотами відбуваються практично миттєво, тобто процес регенерації в порівнянні з відомим способом, де окислювання роблять киснем, здійснюється значно інтенсивніше.

В окремих випадках цей спосіб регенерації відпрацьованих травильних розчинів характеризується тим, що:

- до вихідного сірчаноокислотного відпрацьованого травильного розчину додають сірчану кислоту, забезпечуючи її концентрацію в суміші азотно-плавиковоокислотних та сірчаноокислотних відпрацьованих травильних розчинів на рівні 18-80%, переважно, 20%;

- термічне розкладання упареної суміші здійснюють у киплячому шарі при температурі 750-1200°C.

Змішувати азотно-плавиковоокислотні і сірчаноокислі ВТР при їх об'ємному співвідношенні більше 2,5:1 недоцільно, тому що це призводить до накопичення в упареному розчині азотнокислих і фтористих з'єднань, їх наступному термічному розкладанню з утворенням оксидів азоту і фтористого водню, що веде до забруднення ними регенованої сірчаної кислоти і навколишнього середовища. Змішувати азотно-плавиковоокислотні і сірчаноокислі ВТР при їх об'ємному співвідношенні менше 0,2:1 недоцільно, тому що це призводить до накопичення в упареному розчині сульфату заліза (II), його наступному термічному розкладанню з утворенням сірчистого ангідриду і внаслідок цього – до зниження ступеня регенерації сірчаноокислотних ВТР.

Вибір інтервалу температур 150-210°C для упарювання суміші ВТР обумовлений результатами досліджень. Зменшення температури упарювання нижче 150°C веде до зниження ступеня окислювання сульфату заліза (II) і розкладання нітратів і фтористих з'єднань, до накопичення їх в упареному розчині і, внаслідок цього, до зниження ступеня регенерації сірчаної кислоти і навколишнього середовища нітратами і фторидами. При температурі упарювання вище 210°C різко зростає парціальний тиск парів сірчаної кислоти над киплячим розчином, що веде до значного її випару у вигляді тумана і спільної конденсації азотної, плавикової і сірчаної кислот. Унаслідок цього, також знижується ступінь регенерації сірчаноокислотного ВТР.

Використання суміші азотно-плавиковоокислотних та сірчаноокислотних відпрацьованих травильних розчинів з концентрацією сірчаної кислоти менш 18% у ряді випадків недоцільно, бо приводить до накопичення в упареному

розчині сульфату заліза (II), азотнокислих і фтористих з'єднань, їх наступному термічному розкладанню з утворенням сірчистого ангідриду, оксидів азоту і фтористого водню, що приводить до зниження ступеня регенерації сірчано-кислотних ВТР, забрудненню одержаної сірчаної кислоти і навколишнього середовища. Додавання до вихідного сірчано-кислотного відпрацьованого травильного розчину сірчаної кислоти до її концентрації в суміші азотно-плавиково-кислотних та сірчано-кислотних відпрацьованих травильних розчинів більше 80% недоцільно тому, що різко зростає парціальний тиск парів сірчаної кислоти над киплячим розчином, що веде до значного її випару у вигляді тумана і спільної конденсації азотної, плавикової і сірчаної кислот. Унаслідок цього знижується ступінь регенерації сірчано-кислотного ВТР. Концентрацію сірчаної кислоти в суміші азотно-плавиково-кислотних та сірчано-кислотних відпрацьованих травильних розчинів доцільно підтримувати на рівні, переважно, 20% з точки зору оптимальності витрат концентрованої сірчаної кислоти, що додають у вихідний сірчано-кислотний відпрацьований травильний розчин перед регенерацією.

Температурний інтервал 750-1250°C для термічного розкладання упареної суміші у киплячому шарі обраний також на підставі експериментальних досліджень. Зменшення температури розкладання до менше 750°C веде до зниження ступеня розкладання сульфату заліза (III) і, внаслідок цього, до зниження ступеня регенерації сірчано-кислотних ВТР. Підвищення температури розкладання до більше 1250°C недоцільно, тому що приводить до дисоціації сірчаної кислоти з утворенням сірчистого ангідриду, і, отже, до зниження ступеня регенерації сірчано-кислотних ВТР.

При регенерації ВТР по цьому способу окислювання сульфату заліза (II) йде без утворення сірчистого ангідриду, а термічне розкладання упареного розчину протікає практично повно з утворенням пару H_2SO_4 і без утворення сірчистого і сірчаного ангідридів, що значно підвищує ступінь регенерації сірчаної кислоти. У результаті дослідження було встановлено, що

процес окислювання сульфату заліза (II) азотно-плавиковоокислотними ВТР протікає практично миттєво, перевершує швидкості аналогічних процесів киснем, азотною кислотою й іншими окислювачами. Можливо, це обумовлене каталітичною дією іонів легуючих металів, які присутні в азотно-плавиковоокислотних ВТР.

Запропонований спосіб дозволяє здійснювати повну і безвідхідну регенерацію суміші кислот, при якій з ВТР вивільняються не тільки «вільні», але і «зв'язані» (із солей) кислоти.

Приведена послідовність операцій дозволяє створити оптимальні умови для безвідхідної комплексної регенерації суміші сірчаноокислотних і азотно-плавиковоокислотних ВТР із практично повним поверненням у травильні лінії витрачених на травлення металу кислот і утилізації оксиду заліза. Така регенерація може бути рекомендована до впровадження в травильних лініях з безперервним травленням вуглецевих сталей у прохідних ваннах сірчаною кислотою і легованими сталями азотної або сумішшю азотної і плавикової кислот.

Високий ступінь регенерації азотної і плавикової кислот дозволяє значно підвищити економічність способу, тому що ці кислоти, особливо плавикова, дуже дорогі і дефіцитні [11].

У конкретному прикладі спосіб регенерації відпрацьованих травильних розчинів здійснюється так. Сірчаноокислотні ВТР, підкріплені в змішувачі-дозаторі концентрованою сірчаною кислотою, і азотно-плавиковоокислотні ВТР заливають у відповідні напірні баки, а відтіля - у відповідній об'ємній пропорції, вони надходять у змішувач. Дозування концентрованої сірчаної кислоти до сірчаноокислотних ВТР регулюють таким чином, щоб концентрація сірчаної кислоти в суміші ВТР складала не менше 18%. Зі змішувача суміш ВТР за допомогою насоса направляють у реактор-концентратор. Суміш безупинно концентрують при температурі в інтервалі від 150 до 210°C при безперервній подачі в розчин за допомогою повітродувки свіжого повітря, що необхідне для регулювання температури

розчину і для окислювання, що утвориться в результаті окислювально-відновної реакції оксиду азоту (II) у діоксид. Парогазову суміш, що містить пари азотної і плавикової кислот, направляють у циклон для відділення крапель рідини, потім з температурою 130-135°C направляють у холодильник (змонтований разом з конденсатором), де охолоджують до температури 105-110°C, а після нього направляють на конденсацію в конденсатор. Як охолодний агент використовують технічну воду, що подають у трубний простір, а парогазову суміш подають у міжтрубний простір. Пари азотної і плавикової кислот конденсуються з утворенням розчину суміші кислот складу 6-17% HNO_3 і 2-8% HF . Такі розчини задовольняють вимогам, пропонованим до травильних розчинів і вони можуть цілком використовуватися при травленні легованих сталей. Ступінь регенерації кислот при їхній спільній конденсації складає: для HNO_3 98,9-99,6%; для HF 99,7- 99,9%.

При упарюванні суміші ВТР у реакторі-концентраторі в результаті окислювально-відновних процесів і розкладання нітратів і фторидних комплексів металів сульфат і нітрат заліза (II) і його фторидні комплекси переходять у сульфат заліза (III). При концентрації сірчаної кислоти в суміші, що упаровуються, не нижче 70% розчинність $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ дуже мала (не більш 0,1%), унаслідок чого він переходить в осад без утворення кристалогідратів.

Після упарювання розчин, що містить концентровану сірчану кислоту, сульфат оксиду заліза (III) і домішки сульфатів легуючих елементів, направляють у збірник, а потім - у реактор з киплячим шаром, де пульпу піддають термічному розкладанню при температурі 750-1250°C. У якості вихідного киплячого шару використовують гранули оксиду заліза із середнім діаметром 0,5 мм.

У результаті пірогідролізу утворюються частки оксиду заліза з невеликими домішками оксидів легуючих металів, розмір основної маси (до 95%) яких складають 0,4-0,6 мм. Великі частки постійно віддаляються з реактора через спеціальний пристрій, а дрібні захоплюються теплоносієм

назустріч розосередженому потокові падаючої суспензії, частки якої захоплюють пил у киплячий шар. Гарячі гази, що містять пари сірчаної кислоти, після охолодження в теплообмінному змійовику до 270-275°C, направляються в трубчастий конденсатор для конденсації сірчаної кислоти. Парогазову суміш пропускають через трубний простір (внутрішній діаметр трубок 7- 8 мм), а охолодний агент (холодне повітря) пропускають через міжтрубний простір.

Для уловлювання тумана сірчаної кислоти на виході з конденсатора встановлюється фільтр з нетканим іонообмінним волокном.

Ступінь регенерації сірчаної кислоти складає 99,6%. Концентрація її в розчині складає 98,3%. Оксид заліза видаляють у вигляді сферичних гранул (діаметр 0,5-0,6 мм, густина 3300-3500 кг/м³, міцність 4500-6000 Н/гранулу.) Низький вміст домішок (до 0,5%) дає можливість використовувати цей гранульований оксид заліза в електронній промисловості.

Таким чином, цей спосіб регенерації ВТР дозволяє:

- значно підвищити ступінь регенерації сірчаної кислоти;
- інтенсифікувати процес регенерації сірчаної кислоти, що дає можливість вести безперервний процес регенерації в установках будь-якої продуктивності;
- значно підвищити економічну ефективність, тому що в технологічний процес травлення металів повертають не тільки сірчану кислоту, але також дорогі і дефіцитні плавикову й азотну кислоти. До того ж, утворені при термічному розкладанні упареного розчину оксиди металів, у гранульованому виді, можуть бути використані в якості залізної сировини на аглофабриці або як товарна продукція в електротехнічній промисловості;
- значно підвищити екологічну безпеку, тому що в результаті регенерації можна утилізувати, як корисні продукти, так і шкідливі й екологічно небезпечні компоненти ВТР - нітрати, фториди і важкі метали.

Недоліки: висока енергоємність, високі капітальні витрати, необхідність використання багатокаскадних ванн промивки [11].

1.7 Вибір способу очистки відпрацьованих травильних розчинів прокатного виробництва

Безпосереднє використання відходів кислоти в інших процесах обмежено через наявність у них домішок. Відпрацьовану кислоту застосовують після очищення та концентрування у виробництві сульфатних мінеральних добрив.

Основна маса відпрацьованої сірчаної кислоти піддається регенерації. Залежно від складу відпрацьованої кислоти застосовують різні методи регенерації: термічне розщеплення, екстрагування органічних домішок, адсорбцію, каталітичне окиснення пероксидом водню, коагулювання, випарювання та ін.

Застосування відповідного способу нейтралізації стічних вод травильних ванн залежить перш за все від характеру їх стоку, кількості і складу. Приймають що на 1 т використаної кислоти в травильних процесах утворюється в середньому 5-7 м відпрацьованих травильних розчинів і 100-150 м промивних вод. В процесі їх очищення часто застосовують різні методи, з метою виділення продуктів травлення та відновлення первинних складових травильної ванни. Стічні води з низькою концентрацією сірчаної кислоти зазвичай нейтралізують лугами. При вмісті стічних вод домішок нейтралізацію поєднують з вогневим методом. Метод нейтралізації застосовують при невеликих кількостях відходів та відсутності в них органічних домішок.

Для очистки відпрацьованих травильних розчинів прокатного виробництва вибираємо метод нейтралізації. Процес регенерації сірчаної кислоти нейтралізаційним способом має переваги: широкий інтервал початкових концентрацій, універсальність, простота експлуатації, відсутня необхідність розділення промивних вод та концентрованих розчинів.

Недоліки: процес є багатостадійним та потребує додаткову витрату реагентів, громіздкість обладнання, важкість вилучення з шламу важких металів для утилізації, потреба у значних площах для шламовідвалів.

При високій концентрації сульфат кальцію випадає в осад, тому при нейтралізації сильних кислот, кальцієві солі яких важкорозчинні у воді, необхідно влаштовувати відстійники-шламонакопичувачі. Істотним недоліком методу нейтралізації сірчаної кислоти вапном є також утворення пересиченого розчину гіпсу, виділення якого із стічної води може тривати кілька діб, що призводить до заростання трубопроводів та апаратури. Для зменшення коефіцієнта пересичення використовується метод рециркуляції осаду сульфату кальцію, що утворюється в результаті нейтралізації.

Процеси реагентної нейтралізації стічних вод здійснюються на нейтралізаційних установках. Установки для нейтралізації стічних вод включають реагентне господарство, змішувачі, контактні резервуари, відстійники для виділення шламу.

Реагентне господарство

Реагентні господарства являють собою складний комплекс приміщень, різного обладнання та пристроїв, призначених для прийому, розвантаження, складування та приготування розчинів, дозування та введення в оброблювані розчини різних реагентів потрібної концентрації та обсягу. Обсяг складу визначають виходячи з допустимого за нормами терміну зберігання даного реагенту способу його складування. В якості реагентів найчастіше використовують кальцію гідроксид, вапнякове молоко. Однак найбільш дешевим реагентом є гідроксид кальцію (вапняне молоко) зі змістом активного вапна Ca(OH)_2 5-10% [12].

Для збереження вапна необхідний склад, розрахований на 30-ти добовий запас. Склади повинні примикати до приміщення, де встановлені баки для готування розчинів реагентів.

Реагенти, що випускаються у твердому вигляді, можуть доставлятися автотранспортом, у контейнерах, дерев'яних або металевих бочках, ящиках,

сталевих барабанах. Контейнери СК-1-1 призначені для транспортування та зберігання сипких матеріалів, що не злежуються, і вапна. Вони виконуються із штампованої сталі. Складування контейнерів допускається трохи більше трьох рядів за висотою (рис.1.5).

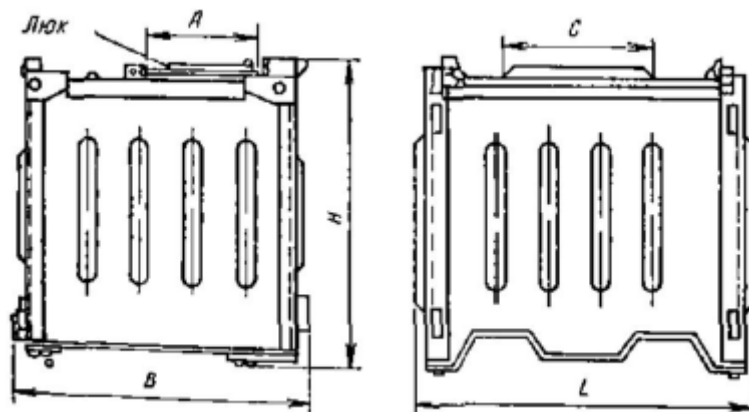
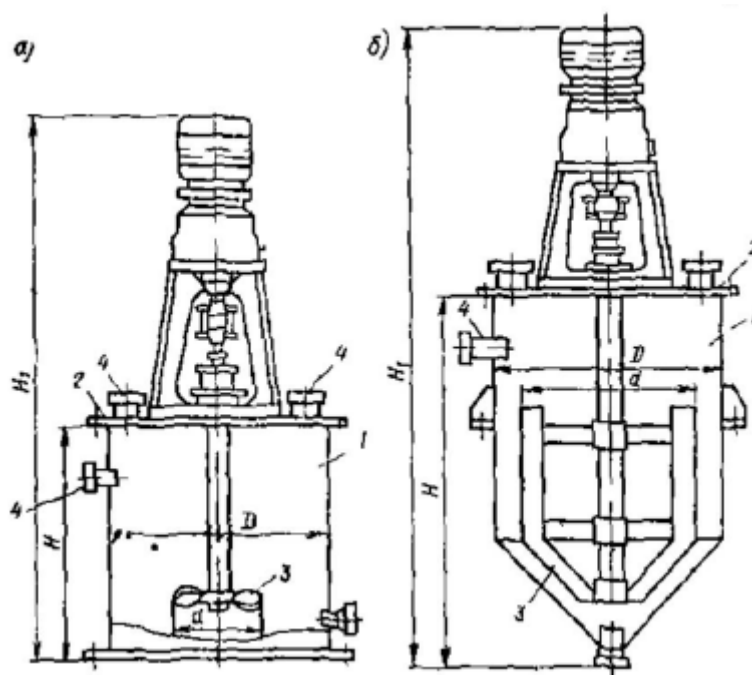


Рисунок 1.5 – Контейнер для сипких матеріалів СК-1-1

З метою готування вапняного молока повинні бути запроектовані: пристрої для гасіння вапна, баки для готування вапняного молока.

Вапно гасять у вапногасилках, у які на 1 т товарного продукту подають 7...10 м³ води. Також для виготовлення розчинів реагентів застосовуються апарати з механічними або гідравлічними мішалками. Ці апарати випускаються з металів різної стійкості до агресивного впливу розчинів реагентів. Вони являють собою зварні циліндричні ємності 1 з кришками, що знімаються 2 з встановленими на них перемішувачами 3 і оснащені штуцерами 4 для приєднання різних технологічних трубопроводів. Привід мішалок здійснюється від вертикального електродвигуна з редуктором (рис.1.6). Кількість апаратів не менш двох [12].



1 – корпус; 2 – кришка; 3 – пристрої, що перемішують; 4 – штуцери
 а — з плоским днищем та пропелерною мішалкою; б – з конічним
 днищем і рамною мішалкою

Рисунок 1.6 – Апарати з пристроями, що перемішують

Реактор-нейтралізатор

Для якісної дії реагентів, які вводять у воду необхідно здійснювати їх швидке та повне змішування з водою. Для цього використовують спеціальні пристрої – змішувачі або реактори-нейтралізатори. Реактори призначені для різних фізико-хімічних процесів з корозійними середовищами. Емальована апаратура має високу корозійну стійкість емалевого покриття, яке забезпечує максимальну чистоту оброблюваних продуктів, дає можливість використання недефіцитних конструкційних матеріалів для її виготовлення. Апарати складаються з цільнозварного або зі знімною кришкою корпусу з сорочкою і пристроєм, що переміщує з приводом. На верхній частині цільнозварного корпусу апарату або кришки розміщені технологічні штуцери для входу продукту, гільза термометра, оглядові стекла. На апаратах встановлені лопатеві або якірні пристрої, що перемішують з приводом [12].

На рисунку 1.7 зображено реактор сталевий емальований для агресивних та малоагресивних рідин.

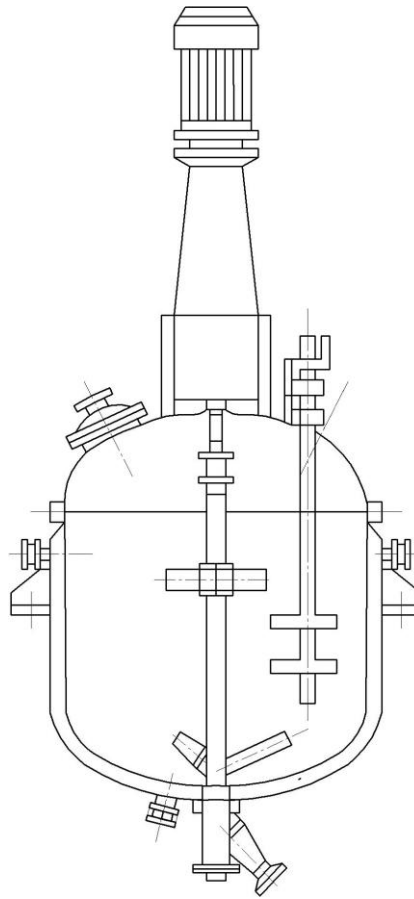


Рисунок 1.7 – Реактор сталевий емальований

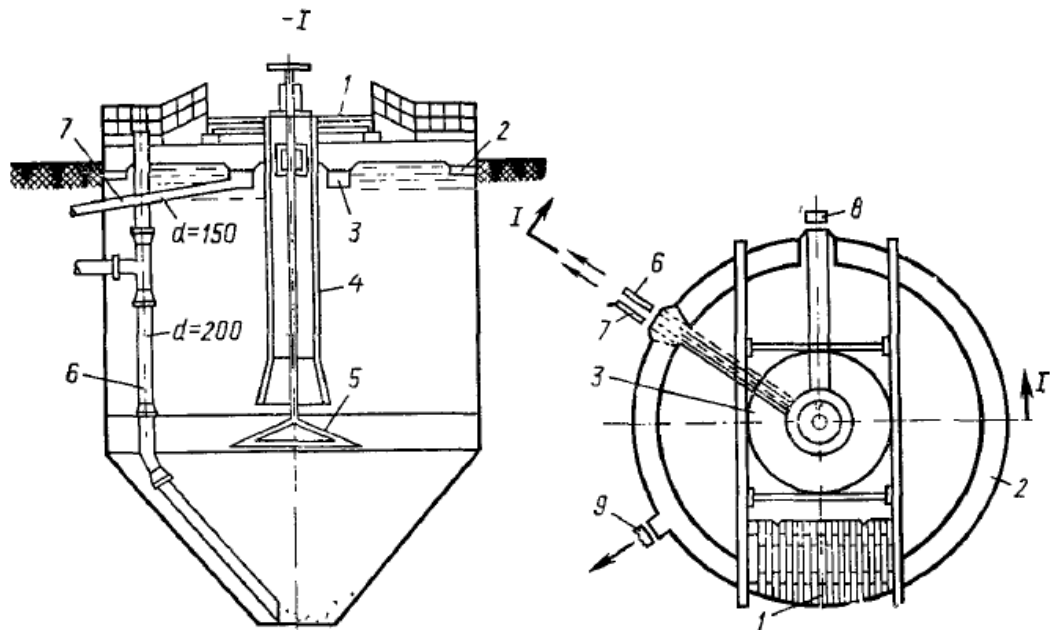
Після нейтралізації стічні води подають у відстійники вертикального типу з тривалістю відстоювання щонайменше 2 год.

Вертикальний відстійник

Вертикальні відстійники застосовують при витраті сточних вод не більше 50 тис. м³/доб. Це круглі у плані резервуари діаметром 4...9 м з конічним днищем (рис. 1.8).

Найбільш поширені відстійники із впуском води через центральну трубу із розтрубом. Стічні води надходять у центральну круглу трубу, що закінчується розтрубом і відбивним щитом, рухаються зверху вниз, потім піднімаються кільцевим простором між центральною трубою і стінкою відстійника. Швидкість висхідного потоку становить 0,5 – 0,6 м/с. Інтенсивний поділ рідкої та твердої фаз відбувається на повороті потоку в нижній частині відстійника. Вода рухається знизу вгору до збірних лотків і лотка, що відводить. Під час руху стічної води з неї випадають суспензії,

питома вага яких більша за питому вагу води. Висота зони осадження – 4–5 м. Освітлені води зливаються через кільцевий водозлив у збірний лоток.



1 — настил; 2 — збірний лоток; 3 — кільцевий жолоб; 4 — центральна труба; 5 — відбивний щит; 6 — трубопровід для видалення осаду; 7 — трубопровід для видалення плаваючих речовин; 8 — подаючий лоток; 9 — лоток, що відводить

Рисунок 1.8 – Вертикальний відстійник

Вертикальний відстійник цього типу збільшує ступінь затримання завислих речовин до 60...70%[12].

Обробка осадів

Обробка осадів при очищенні стічних вод металургійних підприємств може містити в собі кілька стадій, основними з яких є ущільнення осаду і його механічне зневоднювання.

Ущільнення виробляється, в основному, двома способами - гравітаційним і відцентрованим. При гравітаційному ущільненні процес йде в ущільнювачах, що представляють собою радіальний відстійник із пристроєм, що перемішує. Розрахунок ущільнювача ведеться на 3...24 години, в

залежності від типу і властивостей осаду. Вологість ущільненого осаду складає 97...85%.

Процес ущільнення опадів, особливо при вмісті в них великих фракцій, може проводитися в гідроциклонах. При вихідній концентрації шламу 5...25 г/л, концентрація суспензії в ущільненому осаді виходить порядку 100 г/л.

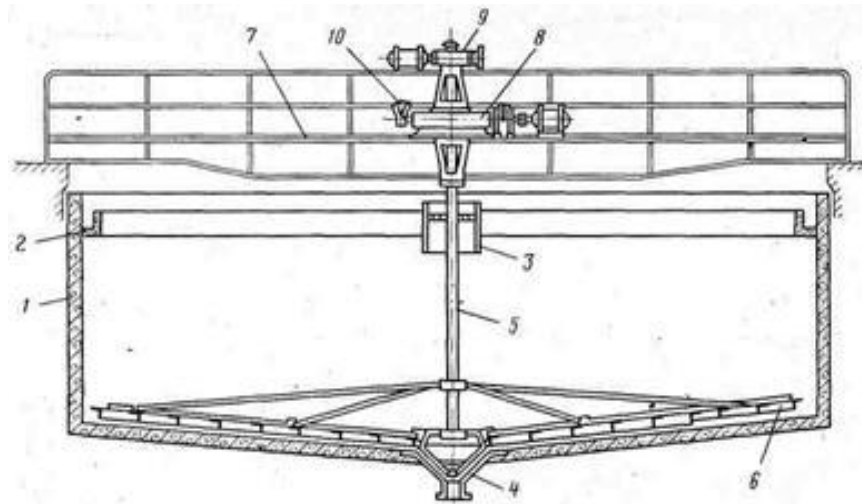
Механічне зневоднювання застосовується для зниження вологості опадів до величини, при якій забезпечуються оптимальні умови транспортування, чи утилізації знешкодження осаду. Зневоднювання металургійних шламів переважно здійснюється на вакуум-фільтрах, фільтр-пресах і центрифугах.

Гравітаційний згущувач

Радіальні згущувачі є найбільш універсальними апаратами для згущення різних пульп і застосовуються на перших стадіях зневоднення.

Радіальні згущувачі з центральним приводом легкого типу випускаються з діаметром чана від 2,5 до 18 м і позначаються Ц-Д, м.

Одноярусний згущувач із центральним приводом легкого типу (рис. 1.9) складається з циліндричного металевго чана 1 зі слабokonічним днищем. У центрі чана є розвантажувальний конус 4 для випуску згущеного продукту, а по борту чана – кільцевий зливний жолоб 2. У центрі чана на рівні поверхні осадження встановлено завантажувальний пристрій 3 для прийому пульпи. На сталевий фермі 7, що спирається на стінки чану або на спеціальні колони, встановлений привід центрального валу 8 і механізм підйому гребкової рами 9. Вал 5 змонтований в центрі чана в опорних підшипниках, встановлених на фермі 7. Гребкова рама згущувача складається з чотирьох радіально розташованих граблін 6 із прикріпленими до них гребками. Рама за допомогою хрестовин та тяг укріплена на кінці центрального валу. Гребки встановлені під певним кутом, що дозволяє переміщати осад до центру [13].



1 – чан; 2 – зливний жолоб; 3 – завантажувальна вирва; 4 – розвантажувальний конус; 5 – центральний вал; 6 – грабліни; 7 – ферма; 8 – привід; 9 – механізм підйому валу з граблями; 10 – покажчик перевантаження згущувача

Рисунок 1.9 – Згущувач із центральним приводом

Механізм приводу центрального валу включає електродвигун, редуктор, передачу, поміщені в литому корпусі.

При перевантаженні згущувача по твердому на валу створюється підвищений момент, що крутить, одночасно з подачею сигналу включається механізм підйому валу і домкрат піднімає або опускає вал разом з гребковою рамою на висоту 300-400 мм.

Вихідна пульпа по жолобу або трубі надходить у завантажувальний пристрій у вигляді циліндричної склянки з поперечною решіткою всередині для уловлювання випадкових великих предметів і для гасіння швидкості потоку пульпи, що надходить. Пульпа, вийшовши з пристрою живлення, спочатку рухається вниз, а потім розтікається від центру до кільцевого зливного жолоба. При цьому відбувається осадження зважених у пульпі твердих частинок і освітлення води, яка переливається через кромки кільцевого зливного жолоба по всьому колу чана і відводиться зі згущувача. При згущенні флотаційних концентратів, що є пінними продуктами, для

запобігання попаданню піни в зливний жолоб на відстані 30-70 мм від нього встановлюють піновідбійник, який має нижчий рівень зливу.

Згущений продукт, що осідає на дно, переміщається гребками до розвантажувального конуса, звідки видаляється самопливом або відкачується діафрагмовими насосами. Самопливне видалення згущеного продукту і відкачування діафрагмовими насосами, які застосовні для згущувачів невеликого діаметру. У згущувачах великого діаметру згущений продукт відкачують відцентровими насосами. У нижній зоні пульпа може частково ущільнюватися під дією гребків. Додаткове ущільнення осаду відбувається внаслідок руйнування гребками склепінь, що утворюються частинками.

Вакуум-фільтр

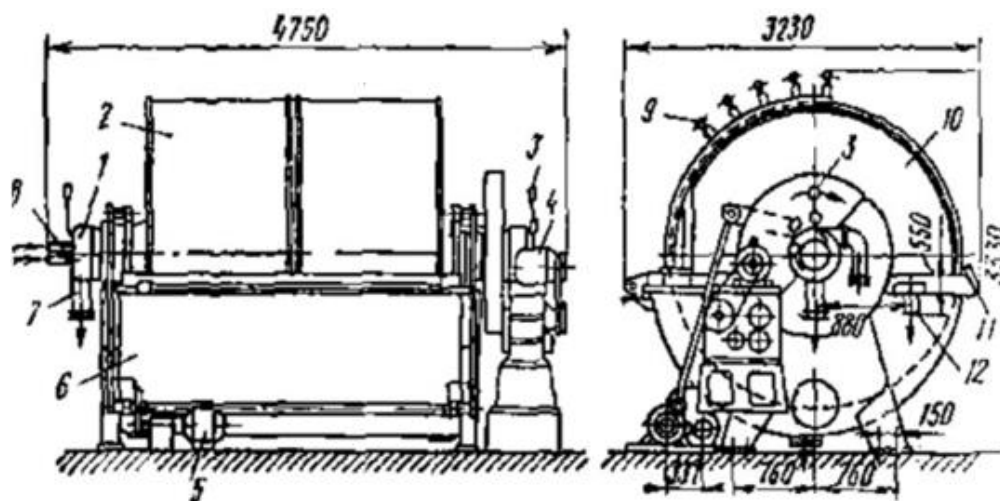
Інтеїсифікація зневоднення опадів і шламів є однією з найважливіших і складних проблем. Зневоднені механічним способом осади більш транспортабельні та безпечніші в санітарно-гігнієнічному відношенні. Процес механічного зневоднення може бути повністю механізований і автоматизований. В даний час знаходять застосування методи механічного зневоднення, засновані на вакуумній і напірній фільтрації, на використанні відцентрових сил і вібрації. Найбільшого поширення набуло зневоднення опадів і шламів на вакуум-фільтрах, центрифугах і фільтр-пресах [13].

Вакуум-фільтрація заснована на видаленні води з щільного шару осаду, розташованого на дрібній сітці (тканині), вакуумом, створюваним з боку, протилежного осаду. Фільтрувальний пристрій може бути виконаний у вигляді короба (стрічкові фільтри) или циліндра (барабанні фільтри). Барабанні вакуум-фільтри типу БОУ є основним видом обладнання для механічного зневоднення опадів (рис. 1.10). Зневоднений осад зменшується в 7 – 15 раз і має вологість 50 - 80%.

Цей фільтр є установкою безперервної дії. Барабанний вакуум-фільтр складається з горизонтального перфорованого циліндричного барабана, обтягнутого зовні фільтрувальною тканиною. Барабан обертається навколо своєї осі і приблизно на 0,3 - 0,4 своєї поверхні занурений в суспензію (осад,

що обробляється), що знаходиться в резервуарі. Поверхня фільтрування барабана розділена на ряд прямокутних частин (зазвичай 16 - 32), ізольованих одна від іншої. Кожна частина з'єднується трубою з різними порожнинами нерухомої частини розподільного пристрою і при обертанні барабана проходить послідовно зони фільтрування, просушування, промивання та просушування, віддування та регенерації тканини.

У зоні фільтрування осад фільтрується під дією вакууму, а фільтрат відводиться в спеціальний збірник. На поверхні комірки утворюється осад. У наступних зонах відбувається промивання і просушка осаду, а в зоні віддування осад під дією стисненого повітря розпушується і відокремлюється від фільтрувальної тканини, після чого він ковзає по поверхні ножа і надходить на подальшу обробку. У зоні регенерації тканина продувається стислим повітрям у напрямку, протилежному напрямку руху фільтрату крізь тканину.



1 – розподільна коробка; 2 – перфоріроване сіто; 3 – нановакуумметр; 4 – привід обертання барабана; 5 – привід мішалки; 6 – корито; 7 – вакуумна лінія та відведення фільтрату; 8 – подача стисненого повітря; 9 – пристрій для промивання осаду; 10 – барабан фільтру; 11 – ніж для знімання осаду; 12 – перелив

Рисунок 1.10 – Вакуум-фільтр типа БОУ

Зневоднений осад (кек) спеціальним ножем або валиком знімається з фільтрувальної тканини, потрапляє на стрічковий транспортер і потім залежно від прийнятої схеми безпосередньо з транспортера потрапляє в бункер, з якого поринає в автомашину, або піднімається елеватором у бункер. Можливий варіант подачі кеку безпосередньо на термосушку або спалювання.

Фільтрат разом з повітрям відводиться до ресивера, звідки або відкачується насосам, або скидається самопливом на очищення спільно зі стічними водами. Вакуум створюється вакуум-насосами.

В середньому шлам складається наполовину з магнетиту, інше – гіпс та домішки. Такий склад обумовлює утилізацію шламу як залізовмісної та гіпсовмісної речовини. Шлам з таким складом можливо використувати в виробництві будівельних матеріалів[13].

2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Проектна схема очистки відпрацьованих травильних розчинів прокатного виробництва

У проектну схему очистки відпрацьованих травильних розчинів прокатного виробництва входять кілька апаратів різних типів. Установка для нейтралізації стічних вод включає реагентне господарство, змішувачі, контактні резервуари, відстійники для виділення шламу, згущувачі, вакуум-фільтри. Передбачаємо нейтралізацію відпрацьованих травильних розчинів негашеним вапном у вигляді вапняного молока. Вапно зберігається в контейнері СК-1-1. Вапняне молоко готується і перемішується в апаратах з пропелерною мішалкою. Приймаємо 2 апарата ємністю 1 м³. Для подачі вапняного молока приймаємо насос 2,5 Пс-6. Для подачі відпрацьованих травильних розчинів – насос типу ЦНСК 60-66 (для перекачки агресивних стоків) (рис. 2.1).

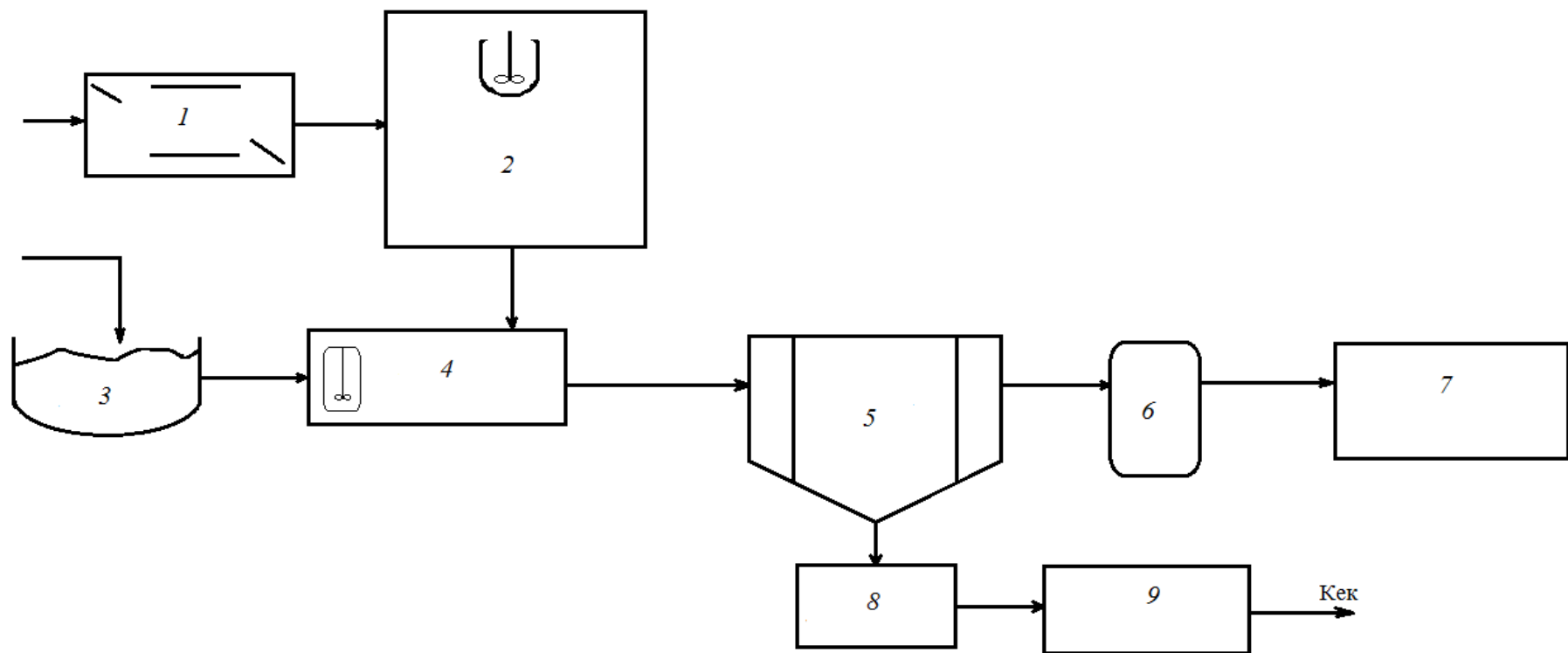
Змішування розчину, що нейтралізується, з вапняним молоком проводять у реакторі ємністю 12,5 м³, який приймається для агресивних розчинів (2 шт). Після нейтралізації стічні води подають у відстійники вертикального типу з тривалістю відстоювання щонайменше 2 год (2 шт).

Осад, який утворюється підлягає ущільненню і механічному зневоднюванню.

Ущільнення проводиться в гравітаційному згущувачі марки Ц-4. Приймаємо 2 згущувача. Вологість ущільненого осаду складає 97...85%.

Механічне зневоднювання застосовується для зниження вологості осадів до величини, при якій забезпечуються оптимальні умови транспортування, чи утилізації осаду. Зневоднювання шламу здійснюємо на вакуум-фільтрах. Приймаємо 2 вакуум-фільтра типу БОУ-5-1,75.

У наступних розділах зробимо розрахунки по вибору типу мішалки, реактора-нейтралізатора, вертикального відстійника, гравітаційного згущувача, вакуум-фільтра.



1 – контейнер; 2 – реагентне господарство; 3 – ємність з ВТР; 4 – реактор-нейтралізатор; 5 – вертикальний відстійник; 6 – резервуар; 7 – шламонакопичувач; 8 – згущувач; 9 – вакуум-фільтр

Рисунок 2.1 – Схема нейтралізації сірчаноокислих відпрацьованих розчинів

2.2 Розрахунок реагентного господарства

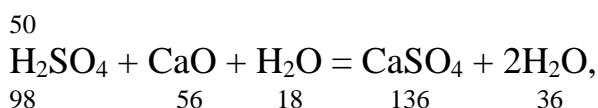
Початкові дані:

Витрата відпрацьованих сірчаноокислих травильних розчинів прокатного виробництва – $16000 \text{ м}^3/\text{рік} = 44 \text{ м}^3/\text{добу}$.

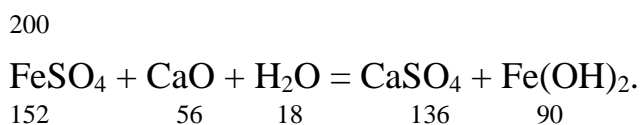
Надходження стоків на нейтралізаційну установку має періодичний характер.

Передбачають нейтралізацію відпрацьованих травильних розчинів негашеним вапном у вигляді вапняного молока, при цьому відбуваються наступні реакції:

-із сірчаною кислотою:



- сульфатом заліза:



Розрахункова доза реагенту:

$$D = 28,57 + 73,68 = 102,3 \text{ г/м}^3$$

На підставі вищенаведених реакцій та вихідних даних щодо вмісту вільної кислоти та зв'язаного заліза у стічних водах визначаємо витрату вапна на нейтралізацію кислих стічних вод за формулою:

$$G = k \cdot Q (a \cdot C_1 + b \cdot C_2) 100/B, \quad (2.1)$$

де C - концентрація металів у стічних водах, г/м^3 ;

b - кількість реагенту для нейтралізації.

По табл. 2.1 визначаємо питому витрату негашеного вапна на нейтралізацію сірчаної кислоти $a = 0,56$. Для вапняного молока $k = 1,1$; $B = 50 \%$ [14].

Таблиця 2.1 – Витрата реагентів для нейтралізації 100% кислот і лугів

Реагент	Кислота			
	сірчана	соляна	азотна	оцтова
Негашене вапно	0,56/1,79	0,77/1,3	0,46/2,2	0,47/2,15
Гашена вапно	0,76/1,32	1,01/0,92	0,59/1,7	0,62/1,62
Кальциниро - ванна сода	1,08/0,93	1,45/0,69	0,84/1,19	0,88/1,14
Каустична сода	0,82/1,22	1,1/0,91	0,64/1,57	0,67/1,5
Аміак	0,35/2,88	0,47/2,12	0,27/3,71	-

$$G = \frac{1,1 \cdot 44 \cdot (0,56 \cdot 102,3) \cdot 100}{50} = 0,0055 \text{ т/доб}$$

Для збереження вапна необхідний склад, розрахований на 30-ти добовий запас. Площа складу для сухого збереження реагентів, м²:

$$F_{\text{скл}} = \frac{Q \cdot D \cdot T \cdot \alpha}{10000 \cdot P_c \cdot \gamma \cdot h}, \quad (2.2)$$

де Q - витрата води, м³/доб.;

D - розрахункова доза реагенту, г/м³;

T - тривалість збереження реагенту, діб.;

α - коефіцієнт для обліку додаткової площі, рівний 1,15;

γ - об'ємна маса реагенту, 3,2 т/м³;

P_c - зміст коагулянту в сухому продукті, 80%;

h - припустима висота шару реагенту на складі, вапна - 1,5 м.

$$F_{\text{скл}} = \frac{44 \cdot 102,3 \cdot 30 \cdot 1,15}{10000 \cdot 80 \cdot 3,2 \cdot 1,5} = 0,04 \text{ м}^2$$

Вапняне молоко готується і перемішується в апаратах з пропелерною мішалкою.

Об'єм баків, м³:

$$W = \frac{Q \cdot n \cdot D_{\text{и}}}{10000 \cdot b_{\text{и}} \cdot \gamma}, \quad (2.3)$$

де Q - витрата стічних вод, $\text{м}^3/\text{год}$;

n - час, на яке заготовлюють вапняне молоко, 12 год.;

$D_{\text{и}}$ - доза вапна в перерахуванні на CaO , $\text{г}/\text{м}^3$;

$b_{\text{и}}$ - концентрація вапняного молока, не більш 5%;

γ - об'ємна маса вапняного молока, $1 \text{ т}/\text{м}^3$.

$$W = \frac{22 \cdot 102,3 \cdot 12}{10000 \cdot 5 \cdot 1} = 0,54 \text{ м}^3$$

Кількість апаратів не менш двох. Приймаємо 2 апарата з пропелерною мішалкою ємністю 1 м^3 . Внутрішній діаметр $d = 1 \text{ м}$, марка електродвигуна АО2-32-4, потужність – 3 кВт, частота обертання мішалки – 260 об/хв.

Вапняне молоко подається насосом типу 2,5 Пс-6. Подача $34 \text{ м}^3/\text{год}$; напір 18 м; потужність електродвигуна 5,5 кВт; частота обертання 1500 об/хв; ККД 50%.

Сірчаноокислі відпрацьовані розчини на реактор подаються насосом для агресивних стоків типу ЦНСК 60-66. Подача $60 \text{ м}^3/\text{год}$; напір 66 м; потужність електродвигуна 22 кВт; частота обертання 3000 об/хв; ККД 66%.

Змішування розчину, що нейтралізується, з вапняним молоком проводять у реакторі, який приймається для агресивних розчинів. Час перемішування $t = 30 \text{ хв}$ [15].

Витрата вапняного молока:

$$q_{\text{и}} = 550000/5 = 0,11 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Загальна витрата відпрацьованого травильного розчину і вапняного молока, що нейтралізується:

$$Q_{\text{общ}} = q_{\text{и}} + q_{\text{т}} = 22 + 0,11 = 22,11 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Приймаємо реактор РСЕ-12,5-1 ємністю $12,5 \text{ м}^3$. Внутрішній діаметр $d = 2,4 \text{ м}$, марка електродвигуна АО2-71-6, потужність – 17 кВт, частота обертання мішалки – 132 об/хв. Кількість реакторів 2 шт.

Після нейтралізації відпрацьовані стічні води подають у відстійники вертикального типу з тривалістю відстоювання щонайменше 2 год.

2.2 Розрахунок вертикального відстійника

Діаметр відстійника, м:

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi}}, \quad (2.4)$$

$$F = \frac{V}{H} = \frac{22}{2,7} = 8,15 \text{ м}^2$$

Для вертикального відстійника $H = 2,7$ м.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 8,15}{3,14}} = 3 \text{ м}$$

Висота циліндричної частини відстійника, м:

$$H = \frac{V}{F} = \frac{22}{7} = 3,2 \text{ м}$$

$$F = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 3^2}{4} = 7,06 \text{ м}^2$$

Висота конусної частини, м:

$$H_k = 0,5 D / \sin(\alpha/2) \quad (2.5)$$

де α – кут нахилу конічного днища, $50 \dots 60^\circ$.

$$H_k = \frac{0,5 \cdot 3}{\sin(50 \div 2)} = 1,8 \text{ м}$$

Об'єм конічної осадової частини, м^3 :

$$V_k = \pi D^2 H_k / 12 \quad (2.6)$$

$$V_k = \frac{3,14 \cdot 3^2 \cdot 1,8}{12} = 4,2 \text{ м}^3$$

Маса уловленого осаду, т/доб.:

$$G = \frac{C_0 \cdot \mathcal{E} \cdot Q}{1000 \cdot 100}, \quad (2.7)$$

де C_0 – початкова концентрація суспензії, мг/л;

\mathcal{E} – ефект освітлення;

Q – витрата води на один відстійник, м³/сут.

Обсяг уловленого осаду, м³:

$$V_{oc} = \frac{100 \cdot G_{сyx} \cdot 1,2}{(100 - W_{oc}) \cdot \rho}, \quad (2.8)$$

де W_{oc} – вологість осаду, %;

ρ – щільність осаду, т/м³.

Ефект освітлення:

$$E = \frac{C_n - C_k}{C_n} \cdot 100\%, \quad (2.9)$$

де C_k – кінцева концентрація суспензії в стічній воді, 0,1 г/м³.

$$E = \frac{366,7 - 0,1}{366,7} \cdot 100\% = 99\%$$

Щільність осаду, т/м³:

$$\rho_{oc} = \frac{\rho_e \cdot W + \rho_{взв} \cdot (100 - W)}{100}, \quad (2.10)$$

де ρ_e – щільність води, кг/м³;

$\rho_{взв}$ – щільність суспензії, кг/м³;

W – вологість осаду, 92%.

Щільність води $\rho = 1000$ кг/м³.

$$\rho_{oc} = \frac{1000 \cdot 92 + 2300 \cdot (100 - 92)}{100} = 1100 \text{ кг/м}^3$$

Маса уловленого осаду, м³:

$$G_{cyx} = \frac{366,7 \cdot 0,99 \cdot 22}{1000 \cdot 100} = 0,079 \text{ т/доб}$$

Обсяг уловленого осаду, м³:

$$V_{oc} = \frac{100 \cdot 79 \cdot 1,2}{(100 - 92) \cdot 1100} = 1,1 \text{ м}^3$$

2.3 Розрахунок гравітаційного згущувача

При технологічному розрахунку і виборі згущувачів заданими величинами є:

G_T – продуктивність по твердому (т/год); відношення Ж:Т в вихідній пульпі R_H й у згущеному продукті R_K ;

δ – щільність твердої фази пульпи (т/м³);

Δ – щільність рідкої фази 1,1 т/м³;

V – гідравлічна крупність, 0,72 мм/с.

Питома площа згущення і продуктивність згущувача приймають за даними, отриманими при згущенні аналогічного продукту в промислових умовах. Якщо таких даних немає, то попередньо експериментально визначають швидкість V осадження твердої фази пульпи з відношенням Ж:Т, що знаходиться в межах від R_H до R_K [16].

Питому площу згущення $S_{уд}$ (м²·год/т) визначають по формулі:

$$S_{уд} = \frac{R_H - R_K}{V \cdot \Delta} \quad (2.11)$$

$$R_H = 92/8 = 11,5$$

$$R_K = 85/15 = 5,67$$

$$S_{уд} = \frac{11,5 - 5,67}{0,72 \cdot 1,1} = 7,3 \text{ м}^2 \cdot \text{год/т}$$

Загальна площа згушення S (m^2) складе:

$$S = G_T \cdot S_{уд} \quad (2.12)$$

$$G_T = R_H/R_K = 11,5/5,67 = 2,0 \text{ т/год}$$

$$S = 2 \cdot 7,3 = 14,6 m^2$$

Вибираємо тип згущувача Ц-4, площа згушення $12 m^2$, потужність електродвигуна $1,1 \text{ кВт}$. Кількість згущувачів – 2 шт.

2.3 Розрахунок вакуум-фільтра

Кількість фільтрів визначають по формулі:

$$N = G_{сух} / (q_{ос} \cdot F_{ф}), \quad (2.13)$$

де $G_{сух}$ - витрата осаду по сухій речовині, $кг/год$;

$q_{ос}$ - продуктивність фільтра для даного типу осаду, $кг/(m^2 \cdot ч)$;

$F_{ф}$ - площа фільтрування одного апарата по каталозі, m^2 .

Площа поверхні фільтрування, m^2 :

$$F = \frac{G_{сух}}{q} = \frac{3,29}{4} = 0,8 \approx 1 m^2$$

Продуктивність барабанного вакуум-фільтра для станцій нейтралізації = $3,5 \dots 5,5$, $кг/(m^2 \cdot ч)$. Приймаємо $4 \text{ кг}/(m^2 \cdot ч)$.

Приймаємо барабанний вакуум-фільтр типу БОУ-5-1,75. Площа поверхні фільтрування $5 m^2$.

Кількість фільтрів:

$$N = \frac{3,29}{4 \cdot 5} = 1 \text{ шт}$$

Кількість резервних фільтрів приймають при числі робітників до трьох – один. Застосування реагентів для обробки осадів визначається в кожному конкретному випадку. Промивання тканини роблять 8...10% розчином інгібірованої соляної кислоти. У процесі вакуум-фільтрування підтримується розрідження 40...65 КПа, при питомій витраті повітря 0,5 м³/(м²·хв). Тиск повітря на отдувку осаду 20...30КПа, питома витрата - 0,1 м³/(м²·хв) [17].

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

3.1 Характеристика ступеня безпеки прокатного процесу, рівня його механізації та автоматизації

Для виконання основних операцій по одержанню готових прокатних виробів застосовуються в цьому виробництві різне обладнання: пристрої для зачистки зливків, блюмів, слябів, заготовок; нагрівальні пристрої – колодязі, методичні печі, пристрої для електронагріву і для нагріву струмом високої частоти. Прокатні стани для одержання напівпродукта – обжимні і заготовочні; прокатні стани для одержання готового проката – сортові, листові і стрічкові. В деяких випадках використовують плавильно-ливарно-прокатні агрегати. Порізку, охолодження і оздоблення прокату проводять на ножицях, пилах, холодильниках, плавильних машинах, пристроях для нанесення захисного покриття, упаковочних машин та інших. Перед холодною прокаткою гарячокатані рулони і заготовки піддають травленню безперервних травильних агрегатах, а термічну обробку в колпаках і прохідних печах. На всіх цих дільницях і об'єктах прокатних цехів є небезпека виробничого травматизму та шкідливих умов праці [18].

До фізичних небезпечних виробничих факторів у прокатному виробництві належать:

- рухомі машини та механізми; рухомі частини обладнання; рухливі вироби, заготівлі, матеріали (валки, шпинделі, муфти станів, викиди петлі матеріалу, що прокочується, уламки металу, що прокочується, окалини та шлаку, що відлітають);
- підвищена температура поверхонь;
- висока напруга в силовій електричній мережі, замикання якого може відбутися через тіло людини;
- гострі кромки, задирки та шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів та обладнання;
- висока ймовірність виникнення спалаху.

Із наведеного вище зрозуміло, що складний комплекс технологічних операцій виробництва прокату різного призначення потребують застосовувати потужне різноманітне основне і допоміжне обладнання. Окрім того в процесі обробки металу в виробничих приміщеннях перемішують великі маси вантажів: початкові матеріали, півпродукти готові вироби, допоміжні матеріали, вогнетриви, запасні деталі і частини обладнання. Це потребує застосовувати велику кількість під'ємно-транспортних пристроїв, машин – мостових електричних кранів, рольгангів, транспортерів, конвеєрів, штовхателів, з штовхувачів, маніпуляторів та інших. Все це в процесі виробництва прокату може утворювати небезпечні шкідливі фактори, впливові на здоров'я і працездатність персоналу прокатних цехів. При холодній прокатці листової сталі поміщення підкату і появи тріщин із за нерівномірної деформації може привести до розриву штаба (полоси), розлету її частин і ураженню персоналу стана .

При нагріві зливків в нагрівальних камерах колодязів можливі викиди гарячого шлака із камери при його взаємодії з водою і матеріалами, утримуючими високу вологість. Утворена окалина на повернях початкових матеріалів створює небезпеку ураження персоналу при розлітанні в момент прокатки.

Одним з методів зменшення тепловиділення з нагрівальних пристроїв є теплова ізоляція із збільшеною її товщиною. Застосовується аерація будівлі нагрівальних колодязів. Біля пульта управління механізмом відкривання кришок нагрівальних колодязів встановлюють теплозахисний екран із листової сталі (несуча нижня частина) і із загартованого тепловідбиваючого скла типу «затос» використовують на відкритих і закритих фіксованих робочих місцях для захисту операторів, пультовщиків і крановщиків цеха від теплового опромінювання.

При холодній прокатці листової сталі на безперервних станах полоси, що мають низьку пластичність, при незначному підвищенні міжклетевого натягу зруйнуються. Відлітаючі частини цих полос мають велику

швидкість, тому можуть уражувати персонал. Для захисту персонала від вильоту окалини на стан навішують переміщуваємий екран, в якому є і витяжна вентиляція [19].

З точки зору поліпшення умов праці і підвищення продуктивності прокатних станів перспективним є застосування суміщених способів прокатки з безперервним литвом заготовок шляхом всановлення біля машин радіального типу декількох малогабаритних прокатних клетей.

Рухомі частини і вузли основного і допоміжного обладнання прокатного цеху визначають небезпеку, так як контакт з ними може закінчитися травмою. Це прокатні валки, тягнучі, подаючі і спрямовуючі ролики, зубчаті і ланцюгові передачі, ножиці і пили, рольганги, транспортари і конвеєри і т. ін. Частини і вузли прокатних машин (валки, маховики, з'єднуючі шпінделі, зубчаті колеса, барабани літучих ножиць, різні муфти, втулки, кулачки, ексцентрики) здійснюють обертальний рух. Інші частини і вузли (ричаги, елементи транспортерів, товкателі маніпуляторів і кантувателів) виконують поворотно-поступальний рух.

При обертанні на зустріч один одному прокатні і інші валки створюють умови для захисту кінцівок людини, його одягу.

Рухаючись злитки, блюми, сляби, заготовки, підкат і готовий продукт утворюють можливість травмування персоналу в часи непередбаченого контакту їх з людиною. Крім того, треба урахувати, що швидкість обробки металу на механічному обладнанні прокатних цехів збільшилась, можливі викиди металу з валків, спрямовуючих лінійок, апаратів і т. ін.

Найбільш характерними психофізіологічними факторами для прокатного виробництва є висока швидкість технологічних процесів та інтенсивність вантажопотоків, що обумовлює у свою чергу високу інтенсивність праці персоналу. Це призводить до великої розумової втоми, яка пов'язана з помилками в управлінні механізмами та виникнення небезпечних ситуацій, тобто переважають нервово-психічні навантаження.

Тому для забезпечення безпечної експлуатації машин і механізмів прокатних цехів треба застосувати різні системи захисту. Перед всім це механізація і автоматизація, дистанційне управління механізмами і дистанційне спостереження за їх роботою, заміна періодичних процесів безперервними, автоматизацією вимірювання параметрів процесу обробки металу.

Викиди шкідливих речовин з травильних ван можна зменшити за рахунок підбора спеціальних травильних розчинів з ефективними інгібіторами і раціональним режимом травлення.

3.2 Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища

Окремі операції прокатного процесу супроводжуються шкідливими виробничими факторами – виділенням великої кількості тепла, забрудненням повітря шкідливими речовинами, підвищенням температури, рівня шуму, вібрації [20].

У прокатному виробництві на працівників можуть впливати такі шкідливі фактори:

- тверді і газоподібні токсичні речовини. Кількість і склад токсичних речовин залежить від використовуваних матеріалів. У зону дихання працівників можуть надходити токсичні речовини, що містять у складі твердої фази різні метали (залізо, хром, нікель, мідь, титан, алюміній тощо), їх окисні та інші сполуки, а також газоподібні токсичні речовини (фтористий водень, окис вуглецю, окисли азоту та ін.). Вплив на організм твердих та газоподібних токсичних речовин може стати причиною хронічних і професійних захворювань;

- випромінювання в оптичному діапазоні (ультрафіолетове, видиме, інфрачервоне). При відсутності захисту можлива поразка органів зору; теплове (інфрачервоне) випромінювання виробів прокатного виробництва,

інтенсивність якого залежить від температури попереднього підігріву виробів, їх габаритів, а також типу нагрівального пристрою. Підвищений тепловий вплив на організм людини призводить до перенапруження його терморегуляторних функцій і може викликати порушення теплового балансу організму. Посилене потовиділення при напруженій м'язовій роботі в умовах підвищеного температурного режиму призводить до втрати кров'ю хлористого натрію, що є основним елементом утримує в крові воду. Також різке коливання температури призводить до різних простудних захворювань [21]. При відсутності засобів індивідуального захисту вплив теплового випромінювання може привести до порушень терморегуляції, навіть до теплового удару. Контакт із нагрітим металом може викликати опіки;

- іскри, бризки і викиди розплавленого металу і шлаку можуть стати причиною опіків;

- електромагнітні поля. Характер їх впливу а організм визначається інтенсивністю і тривалістю такого впливу;

- ультразвук, джерелами якого є різні ультразвукові установки. Дія ультразвуку залежить від його спектральної характеристики, інтенсивності і тривалості впливу;

- шум, джерелами якого є вентилятори, пневмопроводи, джерела живлення та ін. Вплив шуму на організм залежить від спектральної характеристики і рівня звукового тиску. Шум, являє собою безладні поєднання різних за частотою і силі звуків, чинить негативний вплив на людину, викликає втому, перешкоджає зосередженню уваги, підвищує дратівливість. Тривала дія шуму може привести до зниження слуху, а іноді до глухоти. Шум чинить негативний вплив на серцево-судинну і центральну нервову систему [21]. Шум заважає правильній організації і проведення виробничих процесів і негативно позначається на продуктивності праці;

- локальна вібрація, джерелом якої є пневматичні інструменти тощо;

- напруга в електричному колі, замикання якого може відбутися через тіло людини;

- іонізація повітря робочої зони з утворенням позитивно та негативно заряджених іонів;

- статичне навантаження. У результаті перенапруги можуть виникати захворювання нервово-м'язового апарата плечового поясу.

Основними джерелами технологічних викидів є нагрівальні колодязі, печі і машини вогневої зачистки.

Нагрівальні пристрої опалюються коксовим, доменним, природним газами і їх сумішами. Нагрівальні колодязі застосовують 2-х типів: регенеративні і рекуперативні. Через недосконалість в регенеративних колодязях горілочних пристроїв загазованість в такому цеху більша.

В шлакових коридорах нагрівальних колодязів рекуперативного типу загазованість набагато менша, запиленість повітря також менша і складає від 2 до 8 мг/м³. Значно більша вона в часи випуску шлака. Запиленість повітря біля шлакових ковшів підвищується до 15 –20мг/м³.

В процесі прокатки метала у валках, особливо в обжимних клітках і при його різці на ножицях, а також при транспортуванні по рольгангу окалина відділяється від поверхні зливка або заготовок і частково дрібниться. Дуже дрібні фракції пилу захоплюються вихідними тепловими потоками і насичують повітря. Загальна кількість цього пилу складає 30г на 1т прокатанного металу. Тобто по цьому фактору забруднення повітря в цеху слябінга робочі зони функціонують з підвищеною небезпекою.

У листопрокатних цехах перед холодною прокаткою листів перед нанесенням захисних покриттів метал очищають від шару окалини шляхом травлення у ваннах розведеною сірчаною, соляною або азотною кислотою. При цьому утворюється водень, бульбашки котрого при видаленні захоплюють деяку кількість травильного розчину, що і являє собою шкідливі викиди (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – Шкідливі викиди при травленні металів

Зміст травильних розчинів	Температура травильної ванни, °С	Шкідливі викиди	
		Склад	Кількість мг/(хв·м ²)
HCl – 20%-ний	70-80	Соляна кислота	26·10 ³
H ₂ SO ₄ – 15%-ний (без інгібітора)	70	Аерозоль сірчаної кислоти	200
H ₂ SO ₄ – 15%-ний (з інгібітором 4м)	70	Аерозоль сірчаної кислоти	30
HNO ₃ – 15,5%-ний	50	Оксиди азоту	105

Визначення загальної оцінки умов праці здійснюються з урахуванням окремих факторів виробничого середовища і трудового процесу. До факторів виробничого середовища належить: показники мікроклімату, вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони, рівень шуму, вібрації, інфра- та ультразвуку, освітленості. Трудовий процес визначається показниками важкості та напруженості праці. Під терміном «важкості праці» розуміють ступень залучення до роботи м'язів та фізіологічні витрати внаслідок фізичного навантаження, напруженість праці – навантаження на центральну нервову систему.

Мікроклімат у прокатних цехах визначається наявністю надмірного конвекційного та променевого тепла, у зв'язку з чим вони відносяться до групи гарячих цехів. Джерелами тепла є метал, що прокочується, нагріте обладнання, механізми і комунікації, відкриті отвори або кришки нагрівальних пристроїв. Найбільша інтенсивність випромінювання спостерігається на робочих місцях біля нагрівальних печей, прокатних станів, на ділянках ножиць.

Висока температура повітря спостерігається також на постах управління операторів, у кабінах кранівників, які працюють у головному прольоті стану.

Таблиця 3.2 – Оцінка факторів виробничого середовища трудового процесу (робоче місце - машиніст крана прокатного цеху)

№ п/п	Фактори виробничого середовища і трудового процесу	Нормативне значення	Фактичне значення	III клас: шкідливі і небезпечні умови, характер праці			Час дії фактору за зміну, %
				I ст.	II ст.	III ст.	
1	Шкідливі хімічні речовини, мг/м ³ : 4 клас безпеки СО	20,0	16,0				90
2	Пил, мг/м ³	1,0	1,0				90
3	Вібрація (загальна), дБ	68	68				90
4	Шум, дБА	75	75				90
5	Інфразвук, дБ	105	105				90
6	Ультразвук, дБ	90	90				90
7	Іонізуюче випромінювання, бер/рік	5,0	2,0				90
	Ультрафіолетове опромінювання, Вт/м ²	0,001	0,0005				90
	Електромагнітні поля, В/м	25	20				90
8	Мікроклімат в приміщенні: -температура повітря, °С	29	32			11	90
	-швидкість руху повітря, м/с	0,5	0,2				90
	-відносна вологість повітря, %	70	60				90
	-інфрачервоне випромінювання, Вт/м ²	140	200		200		90
9	Коефіцієнт природного освітлення, %	1,0	0,2				90
	Освітленість штучна, лк	150	100	1,5	5		90
10	Важкість праці	II	II				
11	Напруженість праці	III	III				

Таким чином, з таблиці 3.1 видно, що робоче місце має в наявності 1 фактор 1 ступеня, 2 фактори 2 ступеня, 1 фактор 3 ступеня. За показниками робоче місце слід віднести до категорії праці з середньою тяжкістю (2б), а по категорії напруженості праці - дуже напружена [22]. За показниками робоче

місце слід вважати зі шкідливими умовами праці, які здатні чинити несприятливий вплив на організм працюючого.

Адекватна оцінка конкретних умов та характеру праці сприятиме обґрунтованій розробці та впровадженню комплексу заходів і технічних засобів з профілактики виробничого травматизму та професійних захворювань, зокрема за рахунок покращення параметрів виробничого середовища, зменшення важкості та напруженості трудового процесу.

3.3 Технічні рішення по виробничій санітарії

3.3.1 Об'ємно-планувальні рішення будівель та споруд прокатного цеху

Для створення нормальних умов праці, запобігання нещасним випадкам та професійним захворюванням важливе значення має загальне пристрій підприємства [23].

Будівлі та споруди прокатних цехів необхідно розміщувати відповідно до СНиП II-89-80 «Генеральные планы промышленных предприятий».

Прокатні цехи повинні бути відокремлені від меж житлових районів санітарно-захисними зонами, розмір яких необхідно приймати відповідно до ДСП 173-96 (0379-96), а всі вільні ділянки території прокатних цехів повинні бути озеленені.

Прокатні цехи, які будуються, необхідно розташовувати таким чином, щоб не порушувався потоковий напрямок транспортування вантажів і не створювалися зустрічні та перехресні вантажні потоки. У діючих прокатних цехах для безпечного пересування працівників у відповідних місцях влаштовують проходи, перехідні містки та тунелі, виходи з яких повинні бути розташовані поза зоною дії мостових кранів. Для переходу через головний з'єднувальний вал кожної лінії прокатних станів необхідно споруджувати перехідні містки. На безперервних станах споруджується один місток вздовж усіх клітей зі спуском до кожної з них.

Майданчики, призначені для обслуговування устаткування, повинні мати: відстань від настилу до конструктивних елементів приміщення не менше 2 м; у галереях, тунелях і на естакадах - 1,8 м; ширину - не менше 1 м, огороження по периметру висотою не менше ніж 1 м з суцільною металевою обшивкою на висоту 0,15 м від настилу та з додатковою огорожувальною планкою на висоті 0,5 м від настилу. Вимоги цього пункту розповсюджуються також на розміщені у приміщеннях відкриті галереї, містки та майданчики, призначені для переходу через устаткування або комунікації.

Відкриті люки, колодязі, бункери, завантажувальні отвори або прорізи в підлогах, у міжповерхових перекриттях чи на робочих майданчиках огорожуються поручнями висотою не менше ніж 1 м з суцільною металевою обшивкою на висоту не менше 0,15 м і з додатковою огорожувальною планкою на висоті 0,5 м від настилу.

Робочі місця, проходи та проїзди не дозволяється захарашувати сировиною, напівфабрикатами, готовою продукцією, іншими матеріалами. Межі проходів, проїздів або майданчиків для складування повинні бути позначені.

Прорізи в будівлях прокатних цехів для подачі залізничних рухомих складів мають бути обладнані воротами з світлофорами, відкривання і закривання яких повинні бути механізовані.

У діючих цехах, де габарити наближення будинків до залізничних колій та автомобільних доріг не витримуються, мають бути вжиті заходи щодо забезпечення безпечного виходу працівників з будинків шляхом зміни розміщення виходів, установлення направляючих поручнів та покажчиків руху тощо. Не дозволяється прохід працівників через ворота, що використовуються для в'їзду рухомого складу.

Підлога у прокатних цехах має бути рівною, стійкою до механічних і теплових впливів і мати неслизьке покриття. Елементи конструкцій підлоги не повинні накопичувати або поглинати різноманітні рідини, що потрапляють

на підлогу у процесі проведення робіт (масла, емульсії, нейтральні, лугові або кислі розчини тощо), мають бути стійкими до їх впливу, а покриття підлоги повинно легко очищатися від таких рідин, виробничих забруднень і пилу.

На виробничих дільницях, де за характером технологічних процесів використовують масла, емульсії та інші речовини, необхідно вживати заходів щодо запобігання попаданню їх на підлогу. У разі попадання на підлогу дільниці вищезазначених речовин підлогу потрібно негайно очистити.

Прибирання пилу та сміття всередині будівель необхідно передбачати механізованими засобами.

Дахи будівель мають бути справними. Не дозволяється скупчення пилу, снігу, льоду на них. У цехах, що будуються, необхідно передбачити засоби механізованого прибирання пилу і сміття всередині будівель.

3.3.2 Опалення та вентиляція

Оздоровлення повітряного середовища на робочих місцях від пилу, газів, підвищених теплових параметрів досягається вентиляцією. Приточне повітря в цех поступає з віддаленої повітрязаборної станції, розташованій в районі найменшої запиленості. При концентрації пилу в атмосферному повітрі більше ніж на 33% від величини ГДК має застосовуватись очистка вентиляційного повітря на всмоктуючій магістралі.

Для потреб цеху використовуються центробіжні вентилятори низького (до $100 \text{ кг}\cdot\text{с}/\text{м}^2$), середнього ($100\text{-}300 \text{ кг}\cdot\text{с}/\text{м}^2$) та високого ($300\text{-}1200 \text{ кг}\cdot\text{с}/\text{м}^2$ тиску). Термін служби вентилятора має бути не менше 10 років. Вентиляційні установки застосовують практично на всіх дільницях виробництва і праці.

На ступінь напруженості і продуктивності праці впливають умови зовнішнього середовища.

У весняно-літній період продуктивність праці знижується так:

- в гарячих цехах – знижується до 85-87%,
- в допоміжних цехах (роботах) – підвищується до 101,8%.

В приміщеннях з підвищенням температури вище $+22^{\circ}\text{C}$ працездатність людей починає зменшуватись на 4% на кожний наступний градус.

Якщо працездатність в інтервалі $18-22^{\circ}\text{C}$ прийняти за 100%, то при 30°C вона складає лише 60%. Крім того, щоб відновити понижену м'язову працездатність працівника треба на 20% збільшити час відпочинку[24].

Нормалізація температури повітря в закритих приміщеннях здійснюється за допомогою калориферів.

Калорифери – апарати для підігрівання повітря – по формі поверхні підрозділяють на пластинчасті, спіральні і круглоребристі. Багатоходові калорифери застосовують коли теплоносієм є вода, одноходові – коли теплоносії пара і вода. Конструкції калориферів (по ГОСТ 7201) забезпечують нормальну роботу при тиску теплоносія не нижче $9 \text{ кг}\cdot\text{с}/\text{м}^2$.

Калорифери застосовують в диспетчерських приміщеннях, на пультах управління, в інших закритих приміщеннях цехів, а також в різних службових приміщеннях.

Температура має відповідати СН 245-71. в приміщеннях для обігріву людей в зимовий період температура повітря має бути не нижче 22°C .

3.3.3 Освітлення

Для створення сприятливих умов праці важливе значення має раціональне освітлення. Незадовільне освітлення ускладнює проведення робіт, веде до зниження продуктивності праці і захворювання очей, а також може стати причиною нещасного випадків.

Природне освітлення в приміщенні цеху створюється сонячним світлом через світлові прорізи і підрозділяється на бічне (через отвори в стінах), верхнє (отвори в аераційних ліхтарях), комбіноване (одночасно через світлові прорізи в стінах і аераційних ліхтарях) [24].

Штучне освітлення необхідно для проведення робіт в темний час доби або в місцях недостатнього природного освітлення. В прокатному цеху

передбачено: робоче освітлення, аварійне для продовження робіт, аварійне для евакуації людей, переносне для проведення ремонтних робіт та огляду внутрішніх порожнин.

Основний показник освітлення — коефіцієнт природної освітленості (КПО), яка створюється в деякій точці заданої площини всередині приміщення.

З урахуванням характеру зорової роботи (VII розряд) при верхньому і комбінованому освітленні КПО дорівнює 2,7%.

Визначаємо нормоване значення КПО за формулою 3.1:

$$e_n = e \times m \times c = 0,027 \times 0,9 \times 0,85 = 0,021 , \quad (3.1)$$

де e – значення КЕО (%);

$m = 0,9$ – коефіцієнт світлового клімату;

$c = 0,85$ – коефіцієнт сонячності клімату.

Штучне освітлення в цеху загальне, воно має два різновиди - рівномірне і локалізоване. У цеху встановлено глибоко-випромінювальні лампи розжарювання ГС -1000 Вт, розташовані на відстані 1,7 м один від одного. Освітленість пультів управління має становити за ГОСТ 12.2.072-82 не менше 400 лк. Освітленість від системи штучного освітлення 200 лк. У місцях зручних для обслуговування при великій кількості пилу встановлюють пилонепроникні світильники типу СХ і СМТ. Також в цеху є аварійне освітлення забезпечує освітленість робочих місць не менше 5% від нормативної для робочого освітлення.

3.3.4 Санітарно-побутові приміщення

До санітарно - побутових приміщень прокатного цеху відносять, ті приміщення, які призначені для задоволення санітарних і побутових потреб працівників під час їхнього перебування на роботі.

Вони поділяються на такі приміщення: для прийому їжі, гардеробні, душові, вбиральні, умивальні, курильні, пральні та кімнати особистої гігієни. Пол у вбиральнях, умивальних, душових влаштовують водонепроникним з ухилом до стічних трапу. Стіни на висоту не менше 1,5 м покривають вологостійким матеріалом. Побутові приміщення розміщують якомога ближче до робочих місць [25].

На території підприємства створюють упорядковані озеленені майданчики для відпочинку працюючих. Їх розміщують на ділянках території між будинками, вільних від використання в виробничих цілях, і в зоні з найменшим впливом виробничих шкідливостей. У прокатних цехах обов'язково передбачені місця відпочинку на робочих місцях і майданчиках. Їх встановлюють у вигляді альтанок або кабін для відпочинку, в яких знаходяться лави зі спинками. Крім того, в ці кабінки подають охолоджене або кондиційоване повітря, а також в обов'язковому порядку питну або газовану підсолену воду. Відстань від робочих місць до питної установки повинна бути не більше 75м.

3.3.5 Виробничий шум, виробнича вібрація

Вібрація і надмірний шум учиняють шкідливий вплив на здоров'я робітників прокатних цехів і знижують продуктивність праці. Як загальнобіологічний подразник шум впливає в цілому на організм і, в першу чергу, на центральну нервову систему. Шум уповільнює відповідні реакції людини, знижує увагу, чим створює умови для частого травматизму під час роботи в умовах інтенсивного шуму. Спостерігається почастищення пульсу, дихання, підвищення кров'яного тиску. Найбільш виражено специфічний вплив шуму на органи слуху, при цьому можуть спостерігатися різні ступені ураження: від невеликого зниження слуху аж до повної глухоти.

Вібрація є потужним фізіологічним подразником практично для всього організму. Під впливом вібраційного стресу відбувається зрушення в

нервовій системі. Вібрація впливає на кровоносні судини, звужуючи просвіт капілярів, а при тривалому контакті може виникнути загальне захворювання організму – вібраційна хвороба.

Зниження шуму та вібрації в прокатних цехах досягають за рахунок належної щільності повітропроводів, газопроводів, арматури тощо. Слідкують за закріпленням всіх конструкцій і правильністю балансування механізмів і вентиляторів. Зменшення впливу шуму та вібрації дає автоматичне управління процесами прокатки.

Основними заходами боротьби з вібрацією є: вдосконалення конструкції машин і технологічних процесів; відбудова від режиму резонансу (зміна маси або жорсткості системи); віброізоляція за допомогою пристрою амортизаторів; динамічне гасіння вібрації (установка динамічного віброгасителя) [26].

Для зменшення вібрації підлоги і стін в приміщеннях встановлені спеціальні фундаменти для машин і інших віброуючих установок, які не пов'язані з фундаментами будівель.

Зниження впливу шуму на печі досягається використанням заглушувачів при відводі повітря. Застосовуються амортизатори і м'які ущільнення на тросах вентиляційних систем, еластичних вставок з брезента, гуми, окужушування, застосовують амортизаційні підвіски на вібродвигунах.

Ефективне зниження рівня шуму ножиць (на 15-20 дБ) досягається укладанням їх у звукоізолюючий кожух. Для захисту від шуму операторів у прокатних цехах необхідно використовувати звукоізолюючі кабінки постів керування.

Для створення комфортних умов по шуму в зазначених приміщеннях необхідно облицювати стіни і стелі звукопоглинаючим матеріалами, вікна виконати з подвійним склінням і пружними прокладками по контуру, вхідні двері з тамбуром. Над шумливим обладнанням підвішують штучні звукопоглотителі - плоскі або об'ємні звукопоглинаючі елементи.

Крім технічних заходів для зменшення шуму і вібрації треба використовувати організаційно-санітарні: зменшення числа звукових сигналів, застосування звукопоглинаючих і звукоізолюючих матеріалів [26].

В цьому напрямку ефективними є і такі заходи: правильне розміщення цехів, агрегатів, обладнання, приміщення для управління агрегатами, відпочинку людей, озеленення території цеха тощо.

При збільшенні шуму понад 85 дБ застосовують індивідуальні засоби захисту.

А також слід застосовувати індивідуальні засоби захисту, які дозволяють знизити рівень сприйманого звуку на 7 ... 38дБ. Вони підрозділяються на протишумні навушники, що закривають вушну раковину зовні; вкладиші у вигляді м'яких тампонів з ультратонкого волокна «беруші», ебоніту, гуми вставляються в слуховий канал; шоломи і каски; протишумні костюми.

3.3.6 Виробничі випромінювання

Прокатні цехи характеризуються інтенсивним тепловим випромінюванням, що завдає вади працюючим на різних робочих місцях.

Як відомо цехи поділяються на холодні, де питоме тепловиділення менше 23,26 Вт/м³ і гарячі, де ця величина має більше значення.

В гарячих цехах інтенсивність тепловипромінювання досягає до 5,6...7,0 кВт/м², в окремих випадках до 10,5 кВт/м², навіть більше.

Інфрачервоні випромінювання впливають на функціональний стан людини, його центральну нервову систему, серцево-судинну систему. Відзначається різке почастишання серцебиття, підвищення максимального і зниження мінімального артеріального тиску, збільшення частоти дихання, підвищення температури тіла, посилення потовиділення і захворюваність органів травлення. При тривалому перебуванні людини в зоні інфрачервоного випромінювання, як і при систематичному впливі високої

температури, відбувається порушення водно-сольового балансу, який викликає так звану судомну хворобу. Порушення теплового балансу викликає захворювання, зване тепловою гіпотермією.

Для поліпшення умов праці і захисту працівників від теплової дії в гарячих цехах використовують такі способи: теплоізоляцію поверхонь (гарячого повітропроводу, паропроводів), теплоізоляцію робочих місць (пульти управління), теплозахисні екрани, природну і механічну вентиляцію, водорозпилювання, спецодяг і інші засоби індивідуального захисту. З цією метою використовують раціональні режими роботи і відпочинку, кабінки і кімнати для відпочинку тощо [27].

3.4 Заходи з техніки безпеки

Безпека технологічного процесу визначається безпекою виробничого обладнання, використовуваних сировини і матеріалів і технологічних операцій. Основним нормативним документом, який регламентує безпеку виробничих процесів, є ГОСТ 12.3.002-75.

В прокатному цеху передбачаються наступні заходи з техніки безпеки: усунення безпосереднього контакту працюючих з вихідними матеріалами, заготовками, готовою продукцією та відходами виробництва, що надають шкідливу дію; заміна технологічних процесів та операцій, пов'язаних з виникненням небезпечних і шкідливих виробничих факторів, процесами та операціями, при яких ці фактори відсутні або мають меншу інтенсивність; комплексна механізація і автоматизація виробництва, застосування дистанційного керування операціями і технологічними процесами, що супроводжуються небезпечними і шкідливими факторами; герметизація виробничого устаткування; застосування засобів колективного захисту працюючих; раціональну організацію праці та відпочинку; запровадження систем аварійного вимкнення виробничого обладнання; своєчасне видалення

та знешкодження небезпечних і шкідливих виробничих факторів; забезпечення пожежо- та вибухонебезпеки.

З метою безпеки застосовується ізоляція в різних її видах: ізоляція гарячих поверхонь охороняє робітників від опіків і впливу теплових випромінювань; герметизація приладів освітлення у вибухонебезпечних місцях захищає їх від можливих вибухів; блокування; огорожувальні пристрої. Огорожі підлягають проходи і проїзди, розташовані поблизу місця роботи механізмів, які становлять небезпеку для людей або транспортних засобів. В процесі експлуатації в ряді випадків огорожа повинна витримувати великі навантаження. У прокатному виробництві на станах необхідно огорожувати наступне обладнання: сполучні шпинделі, муфти та вали прокатних станів - щитами та кожухами; валки на станині – сітчастими щитами [28].

Блокувальні пристрої попереджають виникнення небезпечних виробничих факторів при відхиленні параметрів технологічних процесів і роботи обладнання від допустимих. За конструкцією блокувальні пристрої діляться на механічні, електромеханічні, фотоелектричні і електричні. До механічних відносяться блокувальні пристрої типу важеля, закривають доступ в небезпечну зону, що не допускають включення механізму.

3.4.1 Електробезпека

Облаштування, розміщення та безпечна експлуатація електротермічних установок (установки індукційного нагріву, електропечі опору, високочастотні установки для нагрівання металу, гартівні машини зі струмами високої частоти тощо) повинні відповідати вимогам нормативно-правових актів та міждержавних стандартів ГОСТ 12.2.007.9-93 «Безопасность электротермического оборудования. Общие требования», ГОСТ 12.2.007.10-87 «ССБТ. Установки, генераторы и нагреватели индукционные для электротермии, установки и генераторы ультразвуковые.

Требования безопасности», ГОСТ 12.1.002-84 «ССБТ. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах» та ГОСТ 12.1.006-84.

Залежно від характеристики виробничого середовища згідно з правилами улаштування електроустановок (ПУЕ) виробничі приміщення поділяються на три категорії [29].

- до першої категорії відносять приміщення з підвищеною небезпекою – прокатка металу (температура повітря вище 30 °С);

- до другої категорії відносять особливо небезпечні приміщення – правка, різання металу (електропровідний пил і можливість одночасного дотику людини до яких з'єднання з землею металоконструкцій будинків, технологічним агрегатів та механізмів, з одного боку, і до металевих корпусів електрообладнання, з іншого боку);

- до третьої категорії відносять приміщення без підвищеної небезпеки - пульт управління (відсутність умов, що створюють підвищену і особливу небезпеку).

Для забезпечення електробезпеки відповідно до нормативних документів необхідно передбачити такі засоби захисту:

- застосування малих напруг та захисний поділ мереж;
- застосування посиленої (подвійної) ізоляції;
- захисне заземлення та занулення корпусів електрообладнання та інших конструктивних елементів електроустановок, які можуть опинитися під напругою; металевих конструкцій, у яких встановлюється електрообладнання; корпуси електричних машин; трансформаторів; обладнання, розміщеного на рухомих частинах станів, машин та механізмів;
- автоматичне захисне відключення частин електрообладнання та пошкоджених ділянок мережі, що випадково опинилися під напругою;
- всі неізольовані струмопровідні частини електрообладнання, яке встановлено поза електричними приміщеннями, повинні мати суцільні

огорожі, зняття або відкриття яких можливе за допомогою спеціальних ключів або інструментів.

Електричне устаткування прокатного цеху працює у важких умовах, особливо електричні машини: висока температура виробничого середовища, часті і значні перевантаження. Потрібен періодичний контроль рівня електричного опору ізоляції, застосування ізоляції класу нагрівостійкості Н, а також вакуумно-нагрівального просочування ізоляції лаками і компаундами.

Відхиленням від встановлених параметрів процесу прокатки можуть стати причиною бракованого прокату, викиди прокатуваного металу за борт жолоба або відхиленню в яку-небудь сторону або вгору, закручування у вузол чи петлю.

Електротермічні установки повинні бути оснащені необхідними блокувальними пристроями, що забезпечують безпечне обслуговування електрообладнання та механізмів цих установок. Для забезпечення допустимих значень напруженості полів при роботі електротермічних установок необхідно: зменшувати потужність випромінювання в самому джерелі шляхом застосування спеціальних пристроїв; встановлювати стаціонарні чи переносні екрануючі пристрої; передбачати обмеження часу перебування працівника в зоні дії полів; розміщувати робочі зони (пульти керування) на такі відстані від джерел полів, де напруженість не перевищує допустимих норм; використовувати комбінований захист одночасно чи інші комбінації захисту; застосовувати спеціальні засоби індивідуального захисту.

Кожухи індукційних печей повинні бути надійно ізольовані від індуктора та заземлені. Уся електрична апаратура і струмоведучі частини індукційної установки повинні бути огороженими. Печі повинні мати автоматичне відключення напруги при пробиванні індуктора.

Ремонт устаткування, заміна роликівих проводок і запобіжників повинні проводитися при знятій напрузі.

Безпека електроустановок забезпечується застосуванням засобів колективного та індивідуального захисту. До засобів індивідуального захисту

від ураження електричним струмом відносяться: застосування малих напруг і захисне розділення мереж; застосування посиленою (подвійний) ізоляції; захисне заземлення і занулення корпусів електроустаткування і інших конструктивних елементів електроустановок, які можуть опинитися під напругою; автоматичне захисне [30].

Як електроізоляційні матеріали використовують різні органічні і неорганічні діелектрики, що володіють великим питомим електричним опором (1010..1022 Ом м). До органічних електроізоляційних матеріалів відносять пластмаси, лаки, клеї, целюлозні матеріали, до неорганічних – силікатне скло, радіотехнічну кераміку.

3.5 Заходи пожежної безпеки

Заходи пожежної профілактики включають:

- систему попередження пожеж;
- систему протипожежного захисту;
- систему організаційно-технічних заходів.

Пожежна і вибухова небезпека прокатного виробництва визначається наступними факторами:

- наявністю широкої мережі кабельного господарства;
- наявністю великої кількості мастила в мастило емульсійних підвалах, де знаходяться резервуари для зберігання мастила, станції подачі змазки (продуктивність 1200 л/хв. і більше), насосно-акумуляторні станції для гідроприводів стана, станції густої змазки і інші агрегати господарства;
- наявністю мережі мастильних гідроприводів, в котрих постійно підтримується збитковий тиск мастила біля 200 атм., зворотніх мастилоприводів гідроприводів, а також машин для промашування прокатної смуги (штаба) перед скручуванням в рулон;
- застосуванням горючих (вибухонебезпечних) газів в нагрівальних печах і колодязях, при порізці металу, утворенням водню в травильних ванах;

- застосуванням вибухонебезпечного захисного газу (воднево-азотна суміш) при віджигу метала, наявністю станцій приготування цього газу;

- застосуванням вогненебезпечних лаків, красок і іншого горючого покриття і вогненебезпечних розчинників при покритті труб, балонів і ін.

Для забезпечення пожежної охорони приймаються різні рішення:

- утворюють протипожежні перепони в кабельних приміщеннях з межою вогнестійкості 1,5 години, а також різні засоби локалізації пожежі протипожежні перегородки, двері, герметизація місць проходу кабелів крізь конструкції та ін.;

- застосовують різні засоби сповіщення про пожежу в кабельному приміщенні і датчики теплової дії, датчики диму тощо;

- застосовують автоматику відключення вентиляції і закривання люків вентиляційних шахт кабельних тунелів у випадку пожежі;

- застосовується система повітряно-пінного і газового гасіння пожежі;

- застосовують центральні (загальнозаводські) щити пожежної сигналізації (від всіх об'єктів цехів).

Пожежі в міжцехових кабельних тунелях гасять повітряно-механічною піною з пожежних автомобілей, що подається крізь люки, або водою (мережі мають бути відключені від електричного струму).

Кабельні приміщення оснащують стаціонарними системами водяного вогнегашення.

У прокатних цехах є велика кількість пожежонебезпечних ділянок, а деякі допоміжні виробничі приміщення в них є вибухопожежонебезпечними. Тому при проектуванні зазначених цехів необхідно, у першу чергу, установити категорію пожежної небезпеки окремих ділянок і допоміжних виробничих приміщень. Так, маслопідвали, маслотунелі, усі кабельні спорудження, насосно-акумуляторні станції по пожежній небезпеці відносяться до категорії В, а майстерні ревізії підшипників, як правило, - до

категорії Б. Пожежонебезпечні ділянки в основному розташовані нижче нульової оцінки цеху, що висуває до них підвищені вимоги щодо забезпечення пожежної безпеки.

В прокатному виробництві дуже небезпечним є витіки мастила з систем змазки і гідравліки. Майстерні ревізії підшипників призначені для ревізії, зборки і дрібного ремонту підшипників рідинного тертя. Для промивки використовують тут гас (керосін), що має температуру спалаху 28⁰С (об'єкт категорії Б). Майстерні оснащують приточно-відсмоктуючою вентиляцією із неіскрячих матеріалів. Під час пожежі усі вентиляційні системи повинні автоматично відключатися при спрацьовуванні установки автоматичного пожежегасіння чи пожежної сигналізації.

Пожежну небезпеку в прокатних і трубних цехах викликають також термічні печі. Термічні печі в прокатних і трубних цехах, де застосовують захисний газ (95% водню, 5% азоту), є пожежонебезпечними. Зони мають бути герметичними, а приміщення де розташовані ці печі повинні мати автоматичні газоаналізатори.

Наявність великої кількості мастила на прокатних станах потребує встановлювати по близу станів стаціонарних або пересувних повітряно-пінних або вуглекислих вогнегасників. Однак у даний час усе більше поширення одержує устаткування прокатних станів стаціонарними установками пожежегасіння (пінними чи вуглекислотними) з ручним і дистанційним включенням. Даний вид протипожежного захисту є найбільш ефективним і кращим.

Горючі (вибухонебезпечні) гази застосовують при порізці металу. При використанні ацетилену повинно бути виключено застосування міді і ртуті, бо з солями цих металів утворюється вибухові з'єднання. Балони з киснем оберігають від попадання на них мастила.

В травильному відділенні при використанні водяного розчину сірчаної кислоти утворюється водень.

Для розпалювання нагрівальних печей і колодязів, де застосовують вибухонебезпечні горючі гази, треба слідкувати щоб до розпалу вогню (багаття) не подавали газ. Пуск газу дозволяється тоді, коли полум'я вогнища буде омивати камери пальників.

При термічній обробці, наприклад, при безперервному обпалюванні «відпал» стрічки використовують ванни з розплавленим натрієм. При цьому для запобігання окислення натрія по його поверхні простір ванни заповнюється захисним газом. Натрій утворює небезпеку вибуху водню, котрий утворюється при контакті з водою.

Для підвищення міцності застосовують термообробку готового прокату, наприклад, рейок. Для цього використовують мастильні ванни. Щоб уникнути пожежі і вибухів ванни закривають, а об'єм над зеркалом мастила заповнюють азотом. При термообробці великогабаритних виробів (рейок, труб) біля ванни має бути повітряно-пінна установка для погашення викинутого з ванни мастила. Нижче рівня ванни має бути резервуар об'ємом не менше об'єма ванни для злиття мастила на випадок пожежі. На зливній трубі встановлюється вогнеперегороджувач.

Прокатне виробництво належить до вибухопожежонебезпечних виробництв і має категорію Б [31].

Будівля виконана з негорючих будівельних конструкцій і має першу ступінь вогнестійкості.

В прокатному цеху в виробничих будівлях передбачені евакуаційні виходи, призначені для забезпечення безпечної евакуації знаходяться в будівлі в разі виникнення пожежі або аварії. При обліку числа евакуаційних виходів з цехів узяти до уваги ворота, призначені для в'їзду залізничного транспорту, не допускається, тому що вони в будь-який момент можуть бути зайняті рухливою сполукою.

У цеху здійснюється систематичний нагляд за дотриманням заходів пожежної безпеки і справним станом протипожежного інвентарю та первинних засобів пожежогасіння [31].

3.6 Розробка інженерних заходів щодо забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату в кабіні кранового машиніста прокатного цеху

Особливі умови праці мають машиністи кранів прокатного цеху.

В процесі праці на машиністів кранів впливає комплекс негативних виробничих факторів: підвищена нервово-емоційна напруга у зв'язку з роботою на висоті, яка посилюється недостатнім обзором робочої зони, несприятливі метеорологічні умови, низькочастотна загальна вібрація, фактори виробничого середовища [32].

Щільність робочого дня машиністів коливається від 70 до 96%. При роботі машиніст деякий час одночасно виконує дві, три, і навіть чотири операції. Крім того, підвищеної уваги потребує контроль за безпекою праці працюючих під краном. До несприятливих умов треба віднести також необхідність піднімання по сходах у кабінку крана 2-3 і більше разів за робочу зміну. Це і навантаження на серцево-судинну систему і є фактором ризику (падіння). По зазначеним причинам збільшується частота серцевих скорочень до 93 – 95 ударів за хвилину, підвищується артеріальний тиск, знижується м'язкова витривалість, погіршується координація рухів, знижується функція уваги та об'єму короткочасної пам'яті. Розкачування кабінки краном впливає іноді на запаморочення.

Організація вентиляції кабінки кранового машиніста.

У прокатному цеху мостові крани обладнані закритими кабінками для роботи в умовах зовнішньої температури + 32°C.

Для створення задовільних умов праці необхідно забезпечити зниження температури повітря, що подається на робоче місце машиніста крана. При проектуванні вентиляції закритих кабін кранів рекомендується застосовувати установки Ліоте з повним кондиціонуванням повітря і установки з подачею в кабінку зовнішнього обробленого повітря. Температура припливного повітря в кабінці влітку повинна підтримуватися в межах 22 - 23°C. У зоні знаходження голови машиніста температура дорівнює +24 °C і середня в кабінці + 28 °C

при рухливості повітря 1,5 - 2,5 м/с. Близько 10% припливного повітря забирається з приміщення цеху і 90% з нижньої зони кабіни.

Теплоізоляція кабін повинна забезпечувати при температурі повітря, що йде + 30°C надходження тепла в кабіну не більше 12 кДж/год. Повітроводи установки повинні мати товщину теплоізоляції не менше 30 мм. Теплоізоляційний матеріал - тепловолотно. Коефіцієнт теплопровідності 0,04 Вт/мк.

Так як прокатний цех відноситься до гарячих цехів, кабіна кранового машиніста піддається інтенсивному тепловому опроміненню з боку підлоги. Таким чином, необхідно проводити теплоізоляцію і екранування підлоги кабіни. Обсяг повітря, що подається в кабіну, визначається з розрахунку видалення надлишків тепла в гарячу пору року. При цьому температура повітря в кабіні в теплий період року приймається не більше ніж на 5°C вище зовнішньої, а температура повітря, що подається на 5°C нижче зовнішньої. В кабіні повинно створюватися підвищений тиск, при якому виключається проникнення повітря, забрудненого пилом і газом.

Розрахунок вентиляції кабіни кранового машиніста

Розрахунок проводиться в такій послідовності:

1. Втрата тиску в установці, що складається з м'якої листової гуми, товщиною 5 мм визначається за формулою, кг/м²:

$$H_p = (Q/325)^2 \quad (3.2)$$

де Q – обсяг повітря, що подається в кабіну, м³/год.

$$H_p = (200/325)^2 = 0.38 \text{ кг/м}^2$$

2. Кількість зовнішнього повітря, що подається в розподільний повітропровід, обслуговуючий екран, визначається за формулою, м³/год:

$$Q = (20 + 4l) * \sqrt{H_p}, \quad (3.3)$$

де l – довжина розподільного повітропроводу (від місця подачі свіжого повітря, до човника, пов'язаного з кабіною), $l = 70$ м.

$$Q = (20 + 4 * 70) * \sqrt{0.38} = 185 \text{ м}^3/\text{год}$$

1. При обслуговуванні декількох кранів від одного короба кількість зовнішнього повітря визначається за формулою, $\text{м}^3/\text{год}$:

$$Q_n = n * Q + (20 * n + 4 * l) * \sqrt{H_p}, \quad (3.4)$$

де n – кількість кранів, що обслуговуються одним повітропроводом. Робочу площадку обслуговують 2 мостових крана.

$$Q_n = 2 * 185 + (20 * 2 + 4 * 70) * \sqrt{0.38} = 565 \text{ м}^3/\text{ч}$$

2. Вибір тяглового пристрою, що забезпечує вентиляцію двох кранів з одного короба.

Вибираємо вентилятор D-13,5 число оборотів в хвилину – 970, ККД – 0,63; також вибираємо електродвигун липа А 72-6, установча потужність електродвигуна 28 кВт.

Таким чином, для забезпечення комфортних умов роботи кранового машиніста прокатного цеху, розрахована кількість зовнішнього повітря $565 \text{ м}^3/\text{год}$, що подається в кабіну машиніста, буде забезпечуватися вентилятором марки D - 13,5 для створення параметрів мікроклімату, відповідно до санітарних норм.

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО - ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Організація праці та планування виробничої програми

Обслуговуючий персонал очисних споруд повинен добре знати характер і кількість забруднень у стічній воді, що надходить на очищення, вимоги до ступеня очищення, склад очисних споруд, що відбуваються в них та керувати цими процесами. Основне завдання персоналу – забезпечення нормальних умов роботи всього комплексу очищення. Це досягається постійним обліком, контролем та регулюванням ходу технологічного процесу, а також організацією належного догляду за спорудами та обладнанням та своєчасного їх ремонту.

Для розрахунку в організаційно-економічному розділі за проєктний варіант приймається установка нейтралізації сірчаноокислих відпрацьованих розчинів прокатного виробництва, яка включає: реагентне господарство, вертикальний відстійник, насоси, гравітаційний згущувач, вакуум-фільтр. Кінцева концентрація суспензії в стічній воді становить 0,1 г/м³.

Установка нейтралізації повинна піддаватися періодичним оглядам, поточним планово-попереджувальним та капітальним ремонтам. Капітальний ремонт передбачає заміну частини обладнання чи його відновлення. Планово-попереджувальний ремонт провадиться один раз на місяць по 12 годин без зупинки обладнання. Також простій обладнання на капітальний та поточний ремонт у проєктному варіанті становитиме 10 днів на рік.

Коефіцієнт використання очисної установки визначається за такою формулою:

$$K_{\text{иу}} = \frac{T_{\text{эф.}}}{T_{\text{кал.}}}, \quad (4.1)$$

де $T_{\text{эф.}}$ – ефективний час роботи очисної установки, год;

$T_{\text{кал.}}$ – календарний час роботи установки, год.

Проектний варіант:

$$K_{\text{вик}} = \frac{8544}{8784} = 0,973$$

Баланс робочого часу очисної установки наведено у таблиці 4.1

Таблиця 4.1 – Баланс робочого часу очисної установки

Показники	Одиниця виміру	Проектний варіант
Календарний час роботи	дні години	366 8784
Простій на капітальний та поточні ремонти	дні години	10 240
Ефективний час роботи	дні години	366-10=356 8544
Коефіцієнт використання очисної установки	–	0,973

Річна виробнича потужність установки нейтралізації визначається за формулою, м³/рік:

$$P = N \cdot T_{\text{еф}} \cdot n, \quad (4.2)$$

де N – технічна норма продуктивності очисної установки в одиницю часу, м³/год;

$T_{\text{еф}}$ – річний фонд ефективного часу роботи очисної установки, год.

Графік роботи в проектному варіанті 3-х змінний 4-х бригадний, тривалість робочого дня 8 годин. Приймаємо кількість операторів 4 чоловіка та 1 резервна.

Кількість уловленого продукту в процесі нейтралізації визначається за формулою:

$$Q = \frac{(Z_1 - Z_2) \cdot P}{10^6}, \text{ т} \quad (4.3)$$

де Z_1, Z_2 – початкова та кінцева концентрація осаду, г/м³.

Проектний варіант:

$$Q = \frac{366,7 - 0,1}{10^6} \cdot 15635,52 = 5,7 \text{ т}$$

Приймаємо втрати уловленого продукту під час утилізації 10%, тоді

$$Q_{\text{ут.}} = 0,9 \cdot Q, \text{ т}$$

$$Q_{\text{ут.пр.}} = 0,9 \cdot 5,7 = 5,13 \text{ т}$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 – Виробнича програма системи нейтралізації

Показник	Одиниця виміру	Проектний варіант
Річна продуктивність очисної установки, P	м^3	15635,52
Продуктивність очисної установки, N	$\text{м}^3/\text{рік}$	16000
Початкова концентрація осаду, Z_1	$\text{г}/\text{м}^3$	366,7
Кінцева концентрація осаду, Z_2	$\text{г}/\text{м}^3$	0,1
Кількість вловленого продукту, Q	$\text{т}/\text{год}$	5,7
Кількість утилізованого продукту, $Q_{\text{ут}}$	$\text{т}/\text{год}$	5,13

Плановий фонд оплати праці ФОП_{пл} на рік становить 650000 грн./рік, у тому числі фонд основної заробітної плати дорівнює 370500 грн., а додаткової – 279500 грн.

Єдина ставка нарахування єдиного соціального внеску (ЄСВ) дорівнює 22% від нарахованого доходу. База для нарахування ЄСВ складається з усіх видів заробітної плати, допомоги з тимчасової непрацездатності та по вагітності та пологах. Розмір максимальної величини бази нарахування єдиного внеску дорівнює 25 розмірам прожиткового мінімуму для працездатних осіб, встановленого законом.

$$\text{ЄСВ} = \text{ФОП}_{\text{пл}} \cdot 0,22 = 650000 \cdot 0,22 = 143000 \text{ грн./рік.}$$

4.2 Розрахунок капітальних витрат на очищення сірчаноокислих відпрацьованих розчинів

Величина необхідних вкладень в основні фонди визначається методом прямого розрахунку окремих елементів вкладень [33].

Вартість контрольно-вимірювальних приладів становитиме 25% від вартості очисного устаткування:

$$C_{КВП} = 0,25 \cdot C_{ОСН.У.}, \quad (4.4)$$

Вартість встановлення і монтажу устаткування, грн:

$$C_{М.У.} = 0,3 \cdot (C_{ОСН.У.С.} + C_{КВП}), \quad (4.5)$$

Вартість монтажу комунікацій, грн.:

$$C_{М.К.} = 0,15 \cdot C_{Сом.}, \quad (4.6)$$

Накладні витрати, якщо монтаж здійснюється спеціалізованими організаціями:

$$C_{Н} = 0,2 \cdot C_{У}, \quad (4.7)$$

Вартість будівлі в базовому та в проектному варіантах розраховується залежно від його обсягу.

Розраховуємо капітальні затрати у вигляді питомих величин, які віднесено до 1 м³ стоків (грн./1м³).

$$C_{К} = (C_{ОСН.У.} + C_{М} + C_{Н} + C_{ЗД} + C_{М.К.}) \cdot \frac{1000}{П}, \quad (4.8)$$

де $C_{ОСН.У.}$ – вартість основного устаткування, грн;

C_M – вартість встановлення і монтажу устаткування, грн;

C_{MK} – вартість монтажу комунікацій, грн;

C_H – вартість накладних витрат, грн;

$C_{зд}$ – вартість будівлі, грн;

Π – річна виробнича потужність, м³/год.

Результати розрахунку заносимо до таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Капітальні вкладення в установку нейтралізації

№	Показники	Проектний варіант
		Сума, грн
1	Реагентне господарство	145800,00
2	Вертикальний відстійник	30000,00
3	Насоси	32000,00
4	Гравітаційний згущувач	40000,000
5	Барабанний вакуум-фільтр	240000,00
Вартість основного устаткування		487800,00
6	КВП	121950,00
7	Вартість монтажу устаткування та споруджень	182925,00
8	Вартість монтажу комунікацій	73170,00
9	Вартість будинку	280000,00
10	Накладні витрати	97560,00
Всього капітальних вкладень		1243405,00
Всього капітальних вкладень на 1 м ³ стоків		79,5

4.3 Розрахунок експлуатаційних витрат на очищення сірчаноокислих відпрацьованих розчинів

Річні експлуатаційні витрати на очистку стоків, грн./рік:

$$C = \sum_{i=1}^n C_i = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7, \quad (4.9)$$

де C_1 – витрати на електроенергію, грн.;

C_2 – витрати на основні та допоміжні матеріали, грн.;

C_3 – амортизаційні відрахування від основного та ремонтного фондів, грн.;

C_4 – основна і додаткова зарплата виробничих робітників, грн.;

C_5 – єдиний соціальний внесок, 22% від вартості основних фондів, грн.;

C_6 – витрати на поточний ремонт та утримання основних фондів, грн.;

C_7 – загальновиробничі витрати, грн.

Енергетичні витрати:

$$C_1 = r \cdot l \cdot N \cdot \tau, \quad (4.10)$$

де r – вартість електроенергії, для промислових підприємств, у звичайні години $r = 1,696$ грн./кВт·год., у годину пік $r = 3,397$ грн./кВт·год.;

l – коефіцієнт, що враховує утримання обслуговуючого персоналу, приймаємо $l=1,1$;

N – сумарна потужність електродвигунів очисного устаткування, кВт.

Амортизаційні відрахування від основних фондів (C_3) визначається множенням вартості основних фондів на відповідні норми амортизаційних відрахувань:

- для устаткування – 15%;
- для будинку й споруджень - 5%;
- для мереж і комунікацій – 5%;
- для КВП – 25%.

Витрати на поточний ремонт та утримання основних засобів становлять 15% від амортизаційних відрахувань:

$$C_{р.ф.} = 0,15 \cdot C_{заг.}, \quad (4.11)$$

$C_{\text{заг}}$ - амортизаційні відрахування від основних фондів, грн

Тоді амортизаційні відрахування будуть складатися:

$$C_3 = C_{\text{заг}} + C_{\text{р.ф.}}, \quad (4.12)$$

Загальновиробничі витрати приймаємо 25% від суми амортизаційних відрахувань та відрахувань в ремонтний фонд.

Економія від утилізації продуктів, що вловлюються в процесі очищення газу:

$$E_y = Q_{\text{ут}} \cdot C, \quad (4.13)$$

де $Q_{\text{ут}}$ – кількість утилізованого продукту, т/рік;

C – ціна відпускна за 1т, $C = 3530$ грн.

Результати розрахунку заносимо до табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Експлуатаційні витрати

№	Найменування	Проектний варіант	
		Величина витрат, грн/м ³	Витрати річні, грн
1	Вода технічна	15,31	2500,00
2	Тканина	0,19	3000,0
3	Реагент	2,1	33000,00
4	Електроенергія	11,9	186062,70
5	Амортизаційні відрахування	1,21	121316,0
6	ЗП основний робітників		
	- основна	23,69	370500,0
	- додаткова	17,87	279500,0
7	Єдиний соціальний внесок	9,14	143000,0
8	Витрати на ремонт та утримання устаткування	1,16	18197,4
9	Загальновиробничі витрати	2,23	34878,35
10	Загальні витрати на очищення	76,2	1191954,45
11	Економія від утилізації продукту	1,16	18100,00
Всього витрат		75,1	1173854,45

4.4 Техніко-економічне обґрунтування рішень, які прийняті у проекті

Для техніко-економічного обґрунтування рішень, які прийняті у проекті розраховуємо річний економічний ефект:

$$E = (C_{\text{пр}} + E_{\text{н}} K_{\text{пр}}) Q_{\text{пр}}, \quad (4.14)$$

де $C_{\text{пр}}$ – собівартість одиниці продукції нової техніки, грн;

$K_{\text{пр}}$ – питомі капітальні вкладення на одиницю продукції в нову техніку, грн;

$E_{\text{н}}$ – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, для природоохоронних заходів $E_{\text{н}} = 0,15$ грн/грн. · рік;

$Q_{\text{пр}}$ – річний обсяг виробництва робіт за допомогою нової техніки в розрахунковому році, тис.м³.

Строк окупності капітальних вкладень:

$$T_{\text{окуп}} = K_{\text{пр}} / C_{\text{пр}}, \quad (4.15)$$

де $C_{\text{пр}}$ – собівартість річного випуску продукції по проектному варіанту, грн;

$K_{\text{пр}}$ – капітальні вкладення по проектному варіанту, грн.

Коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень складає:

$$E = \frac{1}{T_{\text{ок}}}, \quad (4.16)$$

Результати розрахунків заносимо до табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Основні техніко-економічні показники запроєктованої установки нейтралізації

№	Показники	Одиниці виміру	Проектний варіант
1.	Річна продуктивність очисної установки	м ³ /рік	15635,52
2.	Початкова концентрація	г/м ³	366,7
3.	Кінцева концентрація	г/м ³	0,1
4.	Кількість вловленого продукту	т	5,7
5.	Кількість утилізованого продукту	т	5,13
6.	Капітальні вкладення	грн	1243405,00
7.	Експлуатаційні витрати на очистку	грн	1173854,45
8.	Економія від утилізації	грн	18100,00
9.	Річний економічний ефект	грн	1360365,2
10.	Термін окупності капітальних вкладень	рік	1,1
11.	Коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень	грн/(грн·рік)	0,9

Таким чином, нормативний термін окупності капітальних вкладень становить $T_n = 6,67$ років при нормативному коефіцієнті економічної ефективності капітальних вкладень $E_n = 0,15$ грн/(грн·рік). У проєктному варіанті $T_{ок} < T_n$ ($1,1 < 6,67$), а $E_{пр} > E_n$ ($0,9 > 0,15$), отже запропонована схема нейтралізації сірчаноокислих відпрацьованих розчинів прокатного виробництва економічно доцільна.

ВИСНОВКИ

У ході розробки дипломного проекту було розглянуто тему: «Технологія переробки сірчаноокислих відпрацьованих травильних розчинів з одержанням товарного продукту».

Прокатне виробництво є завершуючою ланкою циклу виробництва на заводах чорної металургії.

З стічних вод заводів чорної металургії найбільш забрудненими, шкідливими для водойми і агресивно діючі на каналізаційні споруди є стічні води травильних відділень і цехів. Утворюються вони при обробці розчинами кислот (головним чином сірчаної, рідше соляної і азотної) поверхні металевих виробів, покритих окалиною і іржею. Процес обробки металу полягає в зануренні виробів у ванни з розчинами кислот з наступним промиванням цих виробів водою. При цьому утворюються стічні води двох видів – від власного травлення (відпрацьовані розчини) і від промивання протравлених металевих виробів. Перші є найбільш концентрованими і скидаються періодично, як правило, два-три рази на добу.

Відпрацьований розчин травильних ванн є найбільш концентрованою частиною стічних вод і містить велику кількість залізного купоросу або хлорного заліза, а також вільну кислоту, окалину і іржу. Зазвичай з травильних ванн з сірчаною кислотою відпрацьований розчин скидається із залишковим вмістом сірчаної кислоти 30 - 100 г/л і залізного купоросу 100 - 300 г/л. Температура стічних вод досягає 80°C. Скид таких розчинів в водойми є неприйнятним як з екологічного так і з економічного погляду.

В даному проекті розроблений варіант очищення сірчаноокислих відпрацьованих травильних розчинів прокатного виробництва методом нейтралізації. Для цього відпрацьовані розчини нейтралізуються за допомогою вапняного молока зі змістом активного вапна $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 5-10%. Вапняне молоко готується і перемішується в апаратах з пропелерною мішалкою. Змішування розчину, що нейтралізується, з вапняним молоком

проводять у реакторі-нейтралізаторі. Після нейтралізації стічні води подають у відстійники вертикального типу з тривалістю відстоювання щонайменше 2 год. Осад, який утворюється підлягає ущільненню і механічному зневоднюванню. Ущільнення проводиться в гравітаційному згущувачі. Механічне зневоднювання шламу здійснюємо на вакуум-фільтрах.

Витрата відпрацьованих сірчаноокислих травильних розчинів прокатного виробництва – $16000 \text{ м}^3/\text{рік} = 44 \text{ м}^3/\text{добу}$, температура стоків 80°C . В результаті розрахунків було обрано: апарат з пропелерною мішалкою ємністю 1 м^3 (2 шт), реактор РСЕ-12,5-1 ємністю $12,5 \text{ м}^3$ (2 шт), вертикальний відстійник $D = 3\text{м}$ (2 шт), гравітаційний згущувач типу Ц-4, площа згущення 12 м^2 (2 шт), вакуум-фільтр типу БОУ-5-1,75, площа поверхні фільтрування 5 м^2 (2 шт). Початкова концентрація суспензії становить $366,7 \text{ г}/\text{м}^3$. Кінцева концентрація суспензії становить $0,1 \text{ г}/\text{м}^3$. Вологість ущільненого осаду складає 50-85%. Підібрано насоси типу 2,5 Пс-6, ЦНСК 60-66, ГрУ 160/16.

Процес нейтралізації сірчаноокислих відпрацьованих травильних розчинів має деякі недоліки: процес є багатостадійним та потребує додаткову витрату реагентів, громіздкість обладнання, важкість вилучення з шламу важких металів для утилізації, потреба у значних площах для шламовідвалів. Але в порівнянні з іншими методами очиски, які є високо енергоємними та високозатратними, метод нейтралізації є найбільш економічним і має переваги, а саме: широкий інтервал початкових концентрацій, універсальність, простота експлуатації, відсутня необхідність розділення промивних вод та концентрованих розчинів.

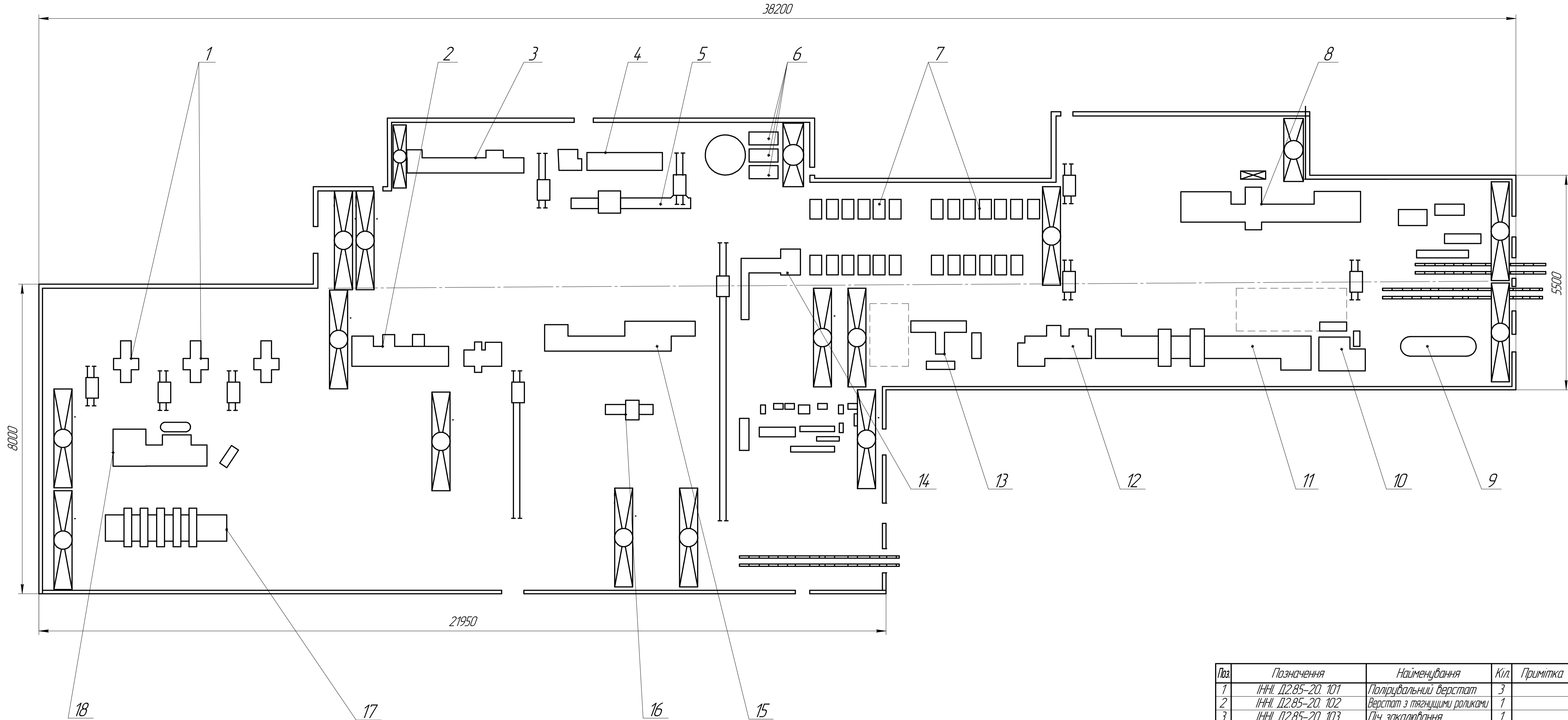
Запропонована схема нейтралізації сірчаноокислих відпрацьованих розчинів прокатного виробництва економічно доцільна, так як $T_{ок} < T_{н}$ ($1,1 < 6,67$), а $E_{пр} > E_{н}$ ($0,9 > 0,15$). Застосування цієї схеми дозволяє зібрати осад, який може бути використаний як заповнювач при виробництві будівельних матеріалів і конструкцій, при будівництві доріг, для основ, засипки пазух фундаментів, зола після спалювання опадів може використовуватися у виробництві цегли та будівельних матеріалів.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Целіков А.І. Основи теорії прокатки. Москва : Металургія, 1981. 310 с.
2. Видрін А.М. Процес неперервної прокатки. Москва: Металургія, 1970. 250 с.
3. Технологія виробництва листової холоднокатаної сталі. Studfile: вебсайт. URL : <http://tksprut.ru/technology> (дата звернення 29.09.2021)
4. Аксенов В.І., Нікулін В.А. та ін. Водне господарство промислових підприємств. Москва : Теплотехнік, 2005. 640 с.
5. Комарова Л.Ф. Використання води на підприємствах та очистка стічних вод в різних ланках промисловості : навчальний посібник. Барнаул : АлтГТУ, 2010. 174 с.
6. Очистка стічних вод прокатного виробництва. Studfile. URL : <https://studizba.com/lectures/105-jekologija/1364-proektirovanie-i-jekspluatacija-gazo-i-vodoochistki-v-metallurgii/25142-8-ochistka-stochnyh-vod-prokatnogo-proizvodstva.html> (дата звернення 10.10.2021)
7. Стічні води травільних відділень. Studfile. URL: <https://www.chem21.info/info/1627040/> (дата звернення 25.10.2021)
8. Левін Г.М., Пантел'ят Г.С., Вайнштейн І.А. та ін. Захист водойм від забруднень стічними водами підприємств чорної металургії. Москва : Металургія, 1978. 216 с.
9. Мацнев В.І. Водовідведення на промислових підприємствах. Львів : Вища школа, 1986. 200 с.
10. Когановський А.М., Клименко Н.А., Левченко Т.М. та ін. Очистка та використання стічних вод в промисловому водопостачанні. – Москва : Хімія, 1983. 288 с.
11. Способи регенерації сірчаної кислоти. URL : http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI-Press/47201/1/2007_Ulianov_Patent_78905.pdf (дата звернення 28.10.2021)

12. Шабалін А.Ф. Очистка та використання стічних вод на підприємствах чорної металургії. Москва : Металургія, 1968. 508 с.
13. Ветошкін А.Г. Процеси та апарати захисту гідросфери. Навчальний посібник. Пенза : ПГУ, 2004. 188 с.
14. Москвітін Б.А. Обладнання систем водопостачання та водовідведення. Москва : Стройиздат, 1984. 192 с.
15. Кожемякін Г.Б.: методичні вказівки до виконання комплексного курсового проекту з технологій захисту навколишнього середовища для студентів ЗДІА спеціальності «Технології захисту навколишнього середовища». Запоріжжя : ЗДІА, 2018. 104 с.
16. Кожемякін Г.Б., Белоконь К.В. Теоретичні основи та техніка захисту водного басейну: методичні вказівки до виконання курсового проекту та лабораторних робіт для студентів спеціальності «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування». Запоріжжя : ЗДІА, 2011. 92 с.
17. Каталог газоочисного устаткування / укладачі С.Я. Рябчиков, Н.М.Васільченко і ін. Москва : Цінтіхімнефтемаш. 1988 120 с.
18. Денисенко Г.Ф. Охорона праці. Москва : Вища школа, 1985. 319 с.
19. Жидецький В.Ц., Джигерей В.С., Мельников А.В. Основи охорони праці. Львів : Афіша. 2000. 350 с.
20. Охорона праці в металургії. Друге вид. Злобінській Б.М. Москва : Металургія, 1975. 536 с.
21. Єфанов П.Д, Карнаух М.М. Безпека праці в основних виробництвах чорної металургії. Справ. изд. Москва : Металургія, 1982. 248 с.
22. Зіньковський М.М. Техніка безпеки і виробнича санітарія. Короткий довідник металурга. Москва : Металургія, 1984. 336 с.
23. Трахтенберг І.М., Коршун М.Н. Гігієна праці та виробнича санітарія. Київ : Охорона праці, 1997. 464 с.

24. Ткачук К.Н, Іванчук Д.Ф. Довідник з охорони праці на промисловому підприємстві. Київ : Техніка, 1991. 285 с.
25. Злобінській Б.М. Охорона праці в металургії. Москва : Металургія, 1975. 535 с.
26. Крикунов Т.Н., Беліков А.С. Безпека життєдіяльності. Дніпропетровськ. Пороги, 1992. 327 с.
27. Толок А.О. Охорона праці в металургії. Навчальний посібник / за ред. А.О. Толока. Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2016. 77 с.
28. Долін П.А . Довідник з техніки безпеки. – Москва : Металургія, 1982. – 800 с.
29. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці» в дипломних проектах (роботах) для студентів всіх спеціальностей / Упоряд. І.Л Марченко та ін. Краматорск : ДГМА, 2015. 133 с.
30. Жидецький В.Ц., Джигерей В.С., Сторожук В.М. та ін. Практикум із охорони праці. Навчальний посібник / за ред. канд. техн. наук, доцента В.Ц. Житецького. Львів: Наука, 2000. 352 с.
31. Рожков А.П. Пожежна безпека на виробництві. Київ : Техніка, 1997. 448 с.
32. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці» в дипломних проектах (роботах) для студентів всіх спеціальностей / Упоряд. Панасейко С.П., Тарасов Ю.П. та ін. Запоріжжя : ЗДІА, 2002. 56 с.
33. Навчально-методичний посібник для студентів спеціальності «Технології захисту навколишнього середовища» / Укл. Беренда Н.В., Троїцька О.О., Манідіна Є.А. Запоріжжя : ЗДІА, 2018. 194 с.

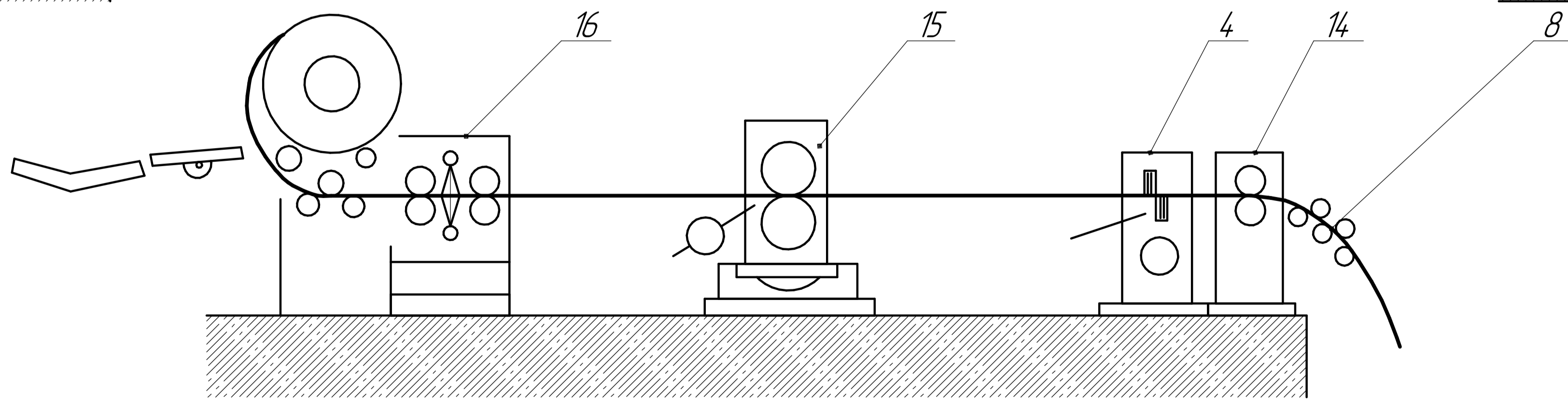
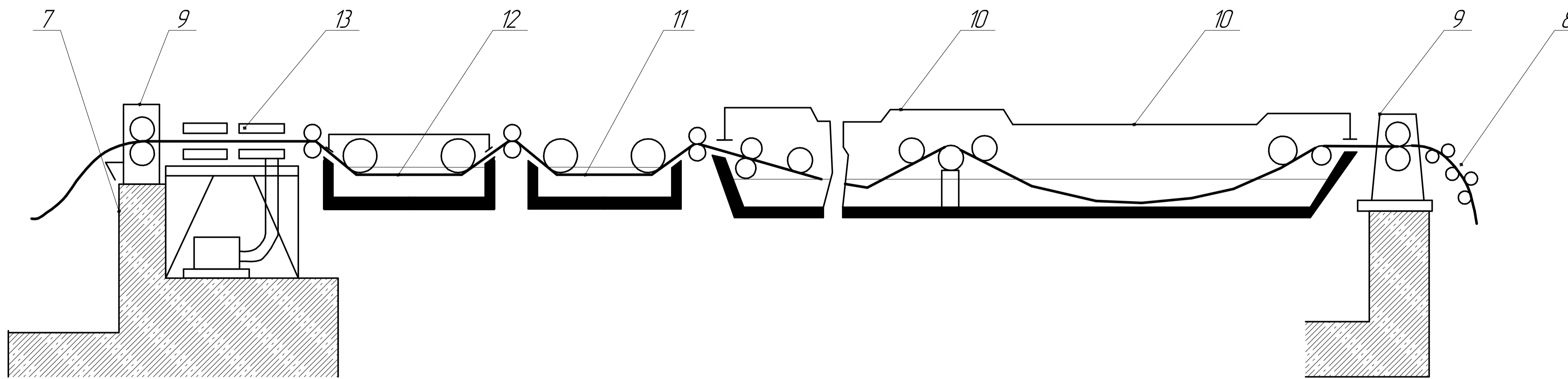
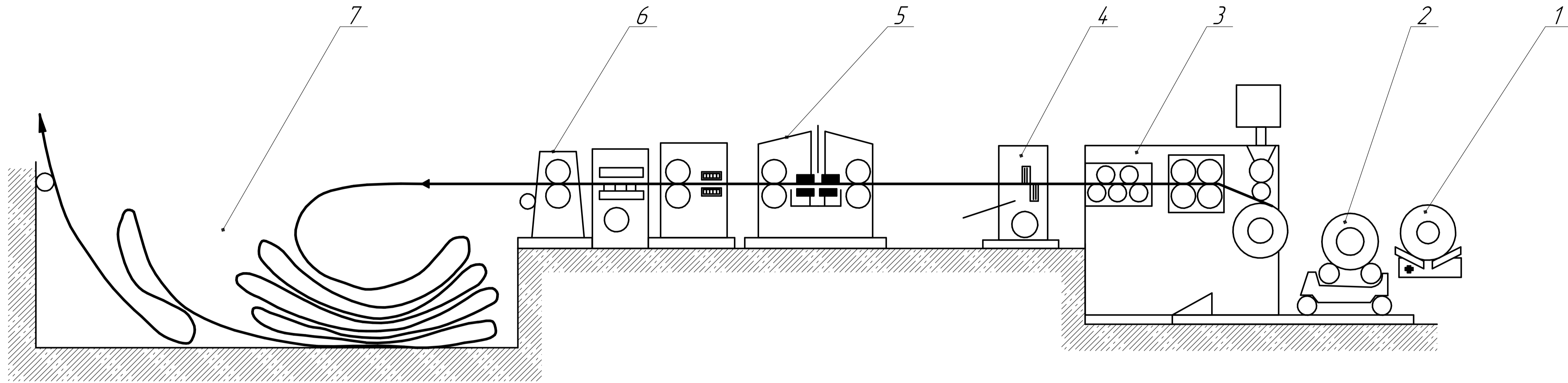


Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
1	ІНН. Д2.85-20. 101	Полірувальний верстат	3	
2	ІНН. Д2.85-20. 102	Верстат з тягнущими ролками	1	
3	ІНН. Д2.85-20. 103	Піч закалювання	1	
4	ІНН. Д2.85-20. 104	Лижна ванна	1	
5	ІНН. Д2.85-20. 105	Чистильно-мийний агрегат	1	
6	ІНН. Д2.85-20. 106	Ванни кислото травлення	3	
7	ІНН. Д2.85-20. 107	Котлової печі	25	
8	ІНН. Д2.85-20. 108	Стан 2800		
9	ІНН. Д2.85-20. 109	Склад готової продукції	1	
10	ІНН. Д2.85-20. 110	Промаслювальна машина	1	
11	ІНН. Д2.85-20. 111	Агрегат поперечної різки	1	
12	ІНН. Д2.85-20. 112	АІР-2	1	
13	ІНН. Д2.85-20. 113	Агрегат різки рулонів АІР	1	
14	ІНН. Д2.85-20. 114	Гільйотинні ножци	2	
15	ІНН. Д2.85-20. 115	Агрегат шліфування пластин	1	
16	ІНН. Д2.85-20. 116	Листопрямильна машина	1	
17	ІНН. Д2.85-20. 117	Верстат з жарстким столом	1	

ІНН. Д1.85-20.100.3В

Знак	Лист	№ док.м.	Підп.	Дата	Технологія переробки сірчано-кислих відпрацьованих протильних розчинів з одержанням товарного продукту	Лит.	Маса	Маштаб
Розроб.		Ложков К.К.				Н		1:50
Керівник		Коженьяк Г.Б.						
Консульт.		Коженьяк Г.Б.						
Начальник		Рижков В.Г.						
Затверд.		Коженьяк Г.Б.						

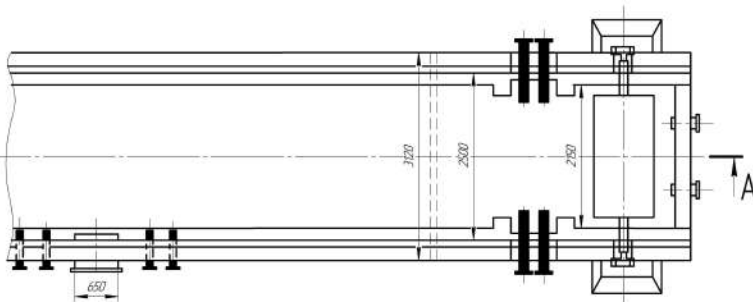
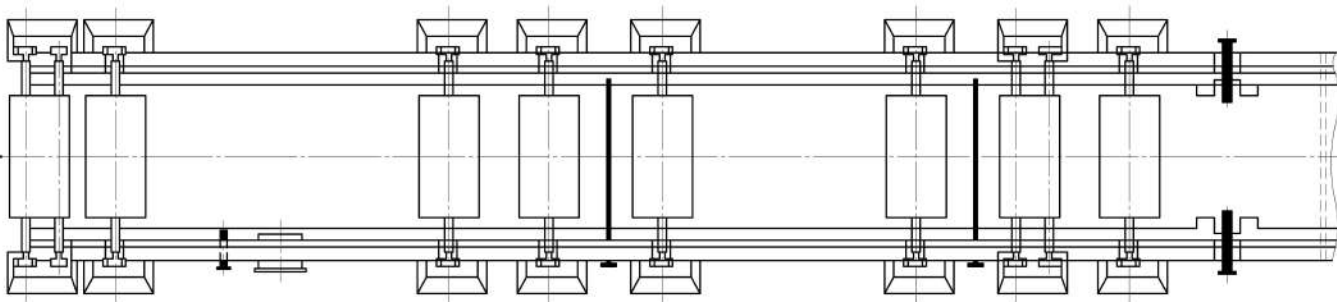
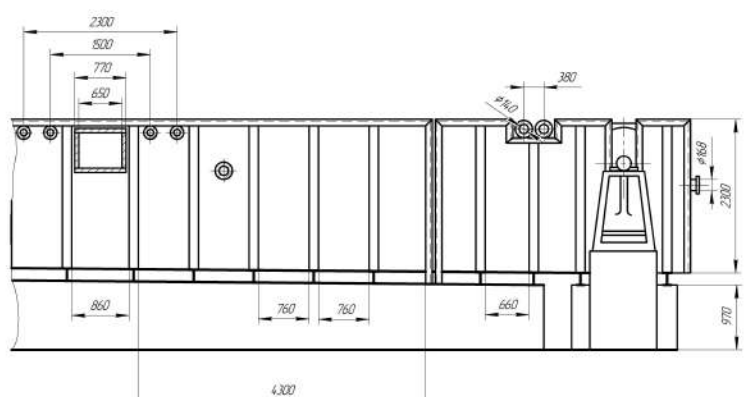
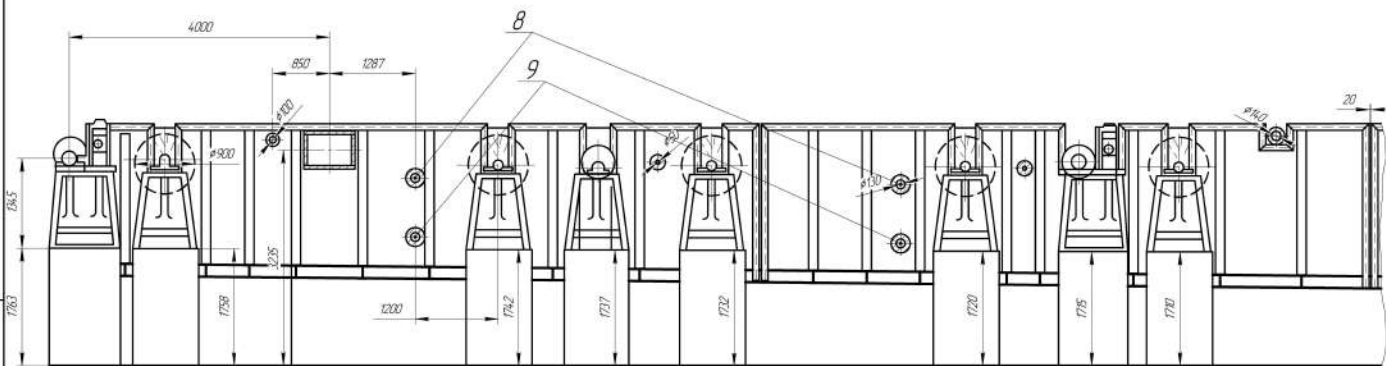
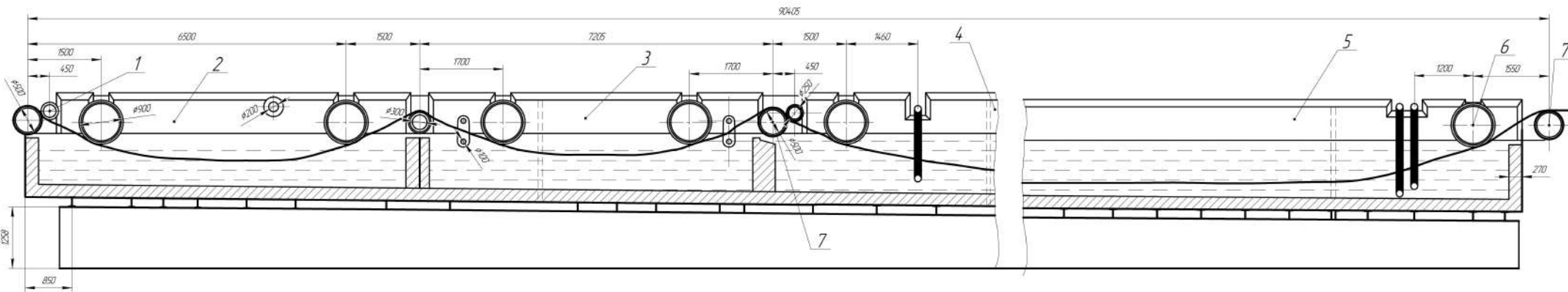
Лист № 1
Лист № 2
Лист № 3
Лист № 4
Лист № 5
Лист № 6
Лист № 7
Лист № 8
Лист № 9
Лист № 10
Лист № 11
Лист № 12
Лист № 13
Лист № 14
Лист № 15
Лист № 16
Лист № 17
Лист № 18



Поз.	Найменування	Кіл.	Примітка
1	Конвеєр подачі рулонів	1	
2	Візок підготовки та подачі рулонів у розмивач	1	
3	Розмивач, окалиноруйнівач та травильна машина	1	
4	Ножиці	1	
5	Стикостворювальна машина	1	
6	Тягнуці ролки	1	
7	Петльова яма	1	
8	Травильні ролки не привіді	1	
9	Ролки які тягнуть і подають	1	
10	Травильна яма	1	
11	Ванна холодної промивки	1	
12	Ванна гарячої промивки	1	
13	Установка для сушки смуги	1	
14	Ролки що тягнуть	1	
15	Дискові ножиці з кромкоруйнівачем	1	
16	Промаслювачий прилад і моталка ролкового типу	1	

ІНН.Д185-20.200.3В				Лист	Маса	Маштаб
Зм. Лист	№ док.м.	Підп.	Дата	Технологія переробки сірчанокасиєвих відпрацьованих травильних розчинів з одержанням товарного продукту	Н	
Розроб.	Лавжак К.К.			Апаратурно-технологічна схема пркатного виробництва	Лист 2	Листів
Керівник	Коженьяк Г.Б.			МОНУ, ІНН ім. В.П.Полтавн ЗНУ	каф. ПЕОП, гр. 8.1830	
Консульт.	Коженьяк Г.Б.			Формат	А1	
Начальник	Рижков В.Г.			Копірабат		
Затв.	Коженьяк Г.Б.			Формат	А1	

A-A



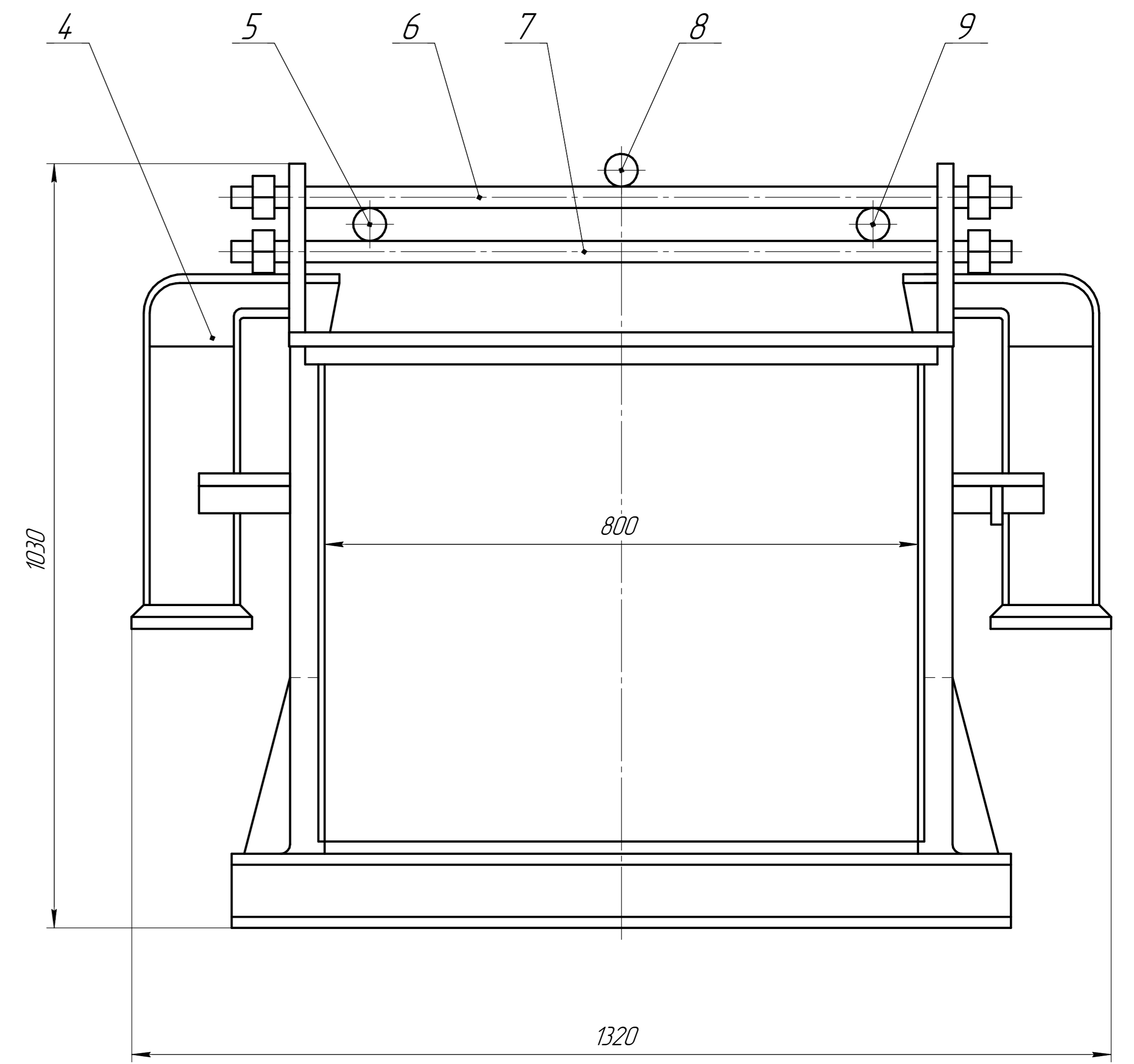
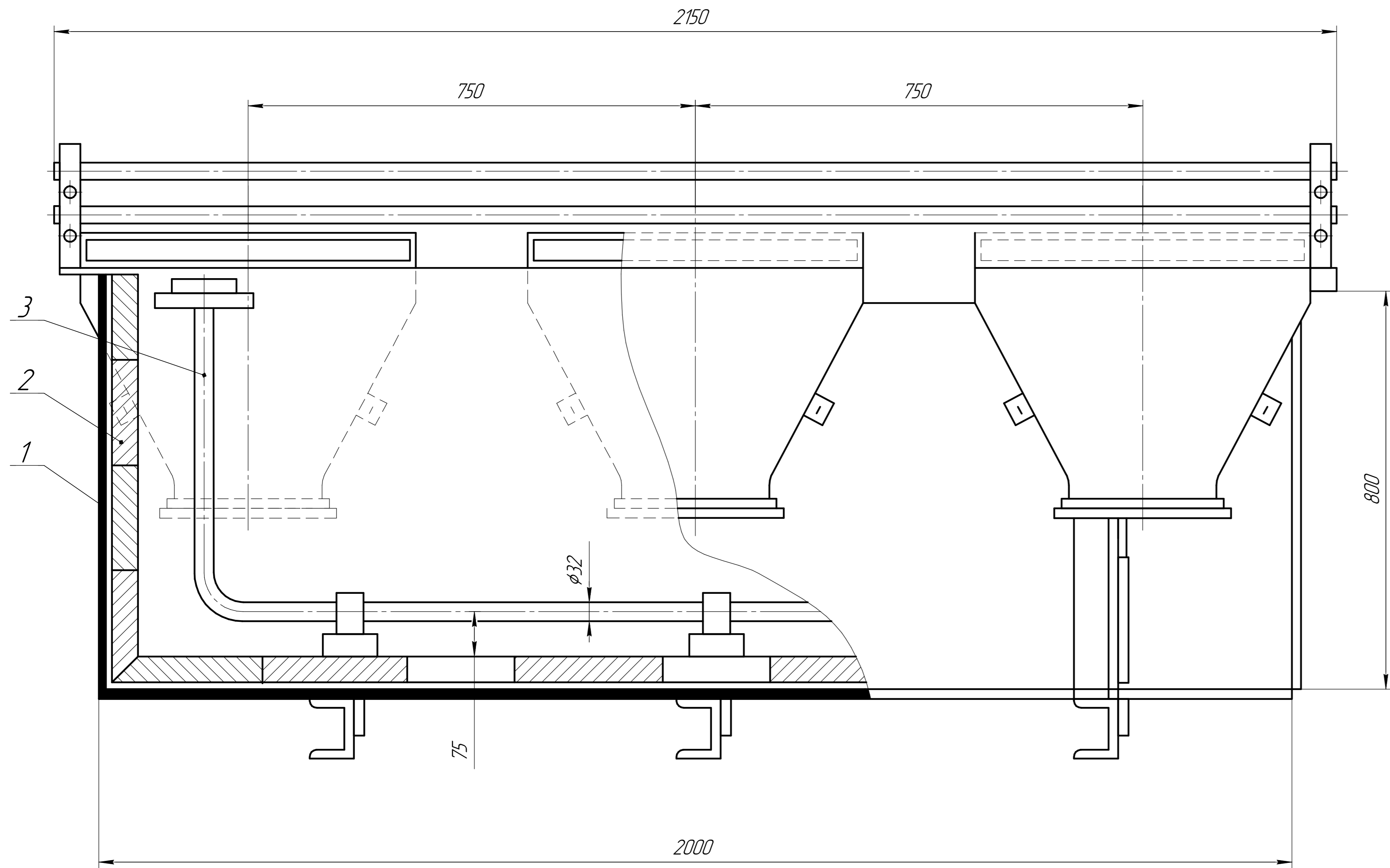
Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
1	ІНН ім. ЮМ. Потебні Д2 85-20 301	Ролік віджимний	2	
2	ІНН ім. ЮМ. Потебні Д2 85-20 302	Секція №5	1	
3	ІНН ім. ЮМ. Потебні Д2 85-20 303	Секція №4	1	
4	ІНН ім. ЮМ. Потебні Д2 85-20 304	Кислотна ванна №4	1	
5	ІНН ім. ЮМ. Потебні Д2 85-20 305	Кислотна ванна №1	1	

ІНН ім. ЮМ. Потебні. Д2 85-20. 300 ЗВ

Вид	Лист	№ докум.	Прод.	Лист	Кіл.	Примітка
Розроб.		Удовенко А.К.			6	
Прод.		Коваленко Г.Б.			6	
Конструктор		Коваленко Г.Б.			6	
Начальник		Удовенко А.К.			6	
Зам.		Коваленко Г.Б.			2	

Технологія переробки сирчанистих відпрацьованих пробічних розчинів з одержанням товарного продукту.
Розріз пробічної установки
Формат А1

Лист № 1 з 1
Лист № 2 з 1
Лист № 3 з 1
Лист № 4 з 1
Лист № 5 з 1
Лист № 6 з 1
Лист № 7 з 1
Лист № 8 з 1
Лист № 9 з 1
Лист № 10 з 1
Лист № 11 з 1
Лист № 12 з 1
Лист № 13 з 1
Лист № 14 з 1
Лист № 15 з 1
Лист № 16 з 1
Лист № 17 з 1
Лист № 18 з 1
Лист № 19 з 1
Лист № 20 з 1
Лист № 21 з 1
Лист № 22 з 1
Лист № 23 з 1
Лист № 24 з 1
Лист № 25 з 1
Лист № 26 з 1
Лист № 27 з 1
Лист № 28 з 1
Лист № 29 з 1
Лист № 30 з 1
Лист № 31 з 1
Лист № 32 з 1
Лист № 33 з 1
Лист № 34 з 1
Лист № 35 з 1
Лист № 36 з 1
Лист № 37 з 1
Лист № 38 з 1
Лист № 39 з 1
Лист № 40 з 1
Лист № 41 з 1
Лист № 42 з 1
Лист № 43 з 1
Лист № 44 з 1
Лист № 45 з 1
Лист № 46 з 1
Лист № 47 з 1
Лист № 48 з 1
Лист № 49 з 1
Лист № 50 з 1

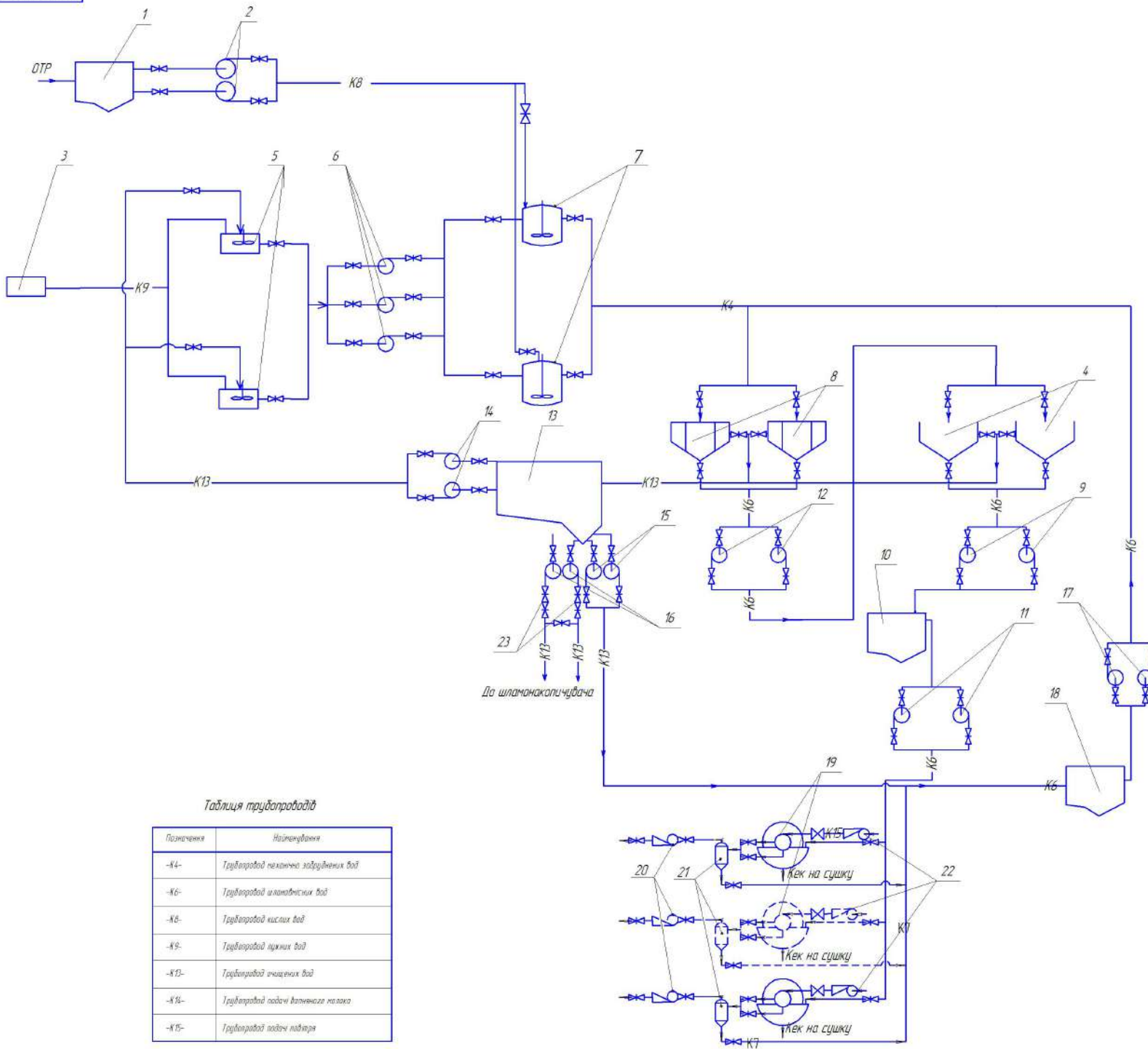


Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
1	ІНН.Д2.85-20.701	Корпус	1	
2	ІНН.Д2.85-20.702	Фітровка	1	
3	ІНН.Д2.85-20.703	Змеєвик	1	
4	ІНН.Д2.85-20.704	Кожух вентиляційний	6	
5	ІНН.Д2.85-20.705	Штанга	1	
6	ІНН.Д2.85-20.706	Штангодержатель	1	
7	ІНН.Д2.85-20.707	Штангодержатель	1	
8	ІНН.Д2.85-20.708	Штанга	1	
9	ІНН.Д2.85-20.709	Штанга	1	

				ІНН.Д185-20.700 ЗВ		
				Травильна ванна		
Лист	№ док.м.	Подп.	Дата	Лит.	Маса	Масштаб
Разраб.	Положай К.К.			Н		1:5
Проб.	Кожм'яки Г.Б.			Лист	Листов	1
Т.контр.	Кожм'яки Г.Б.			МОНУ ІНН ім. В.П. Патевні ЗНУ		
Н.контр.	Рижко В.Г.			каф. ПЕОП, гр. 8.18.30		
Утв.	Кожм'яки Г.Б.			Формат А1		

Лист № 1

Лист № 1



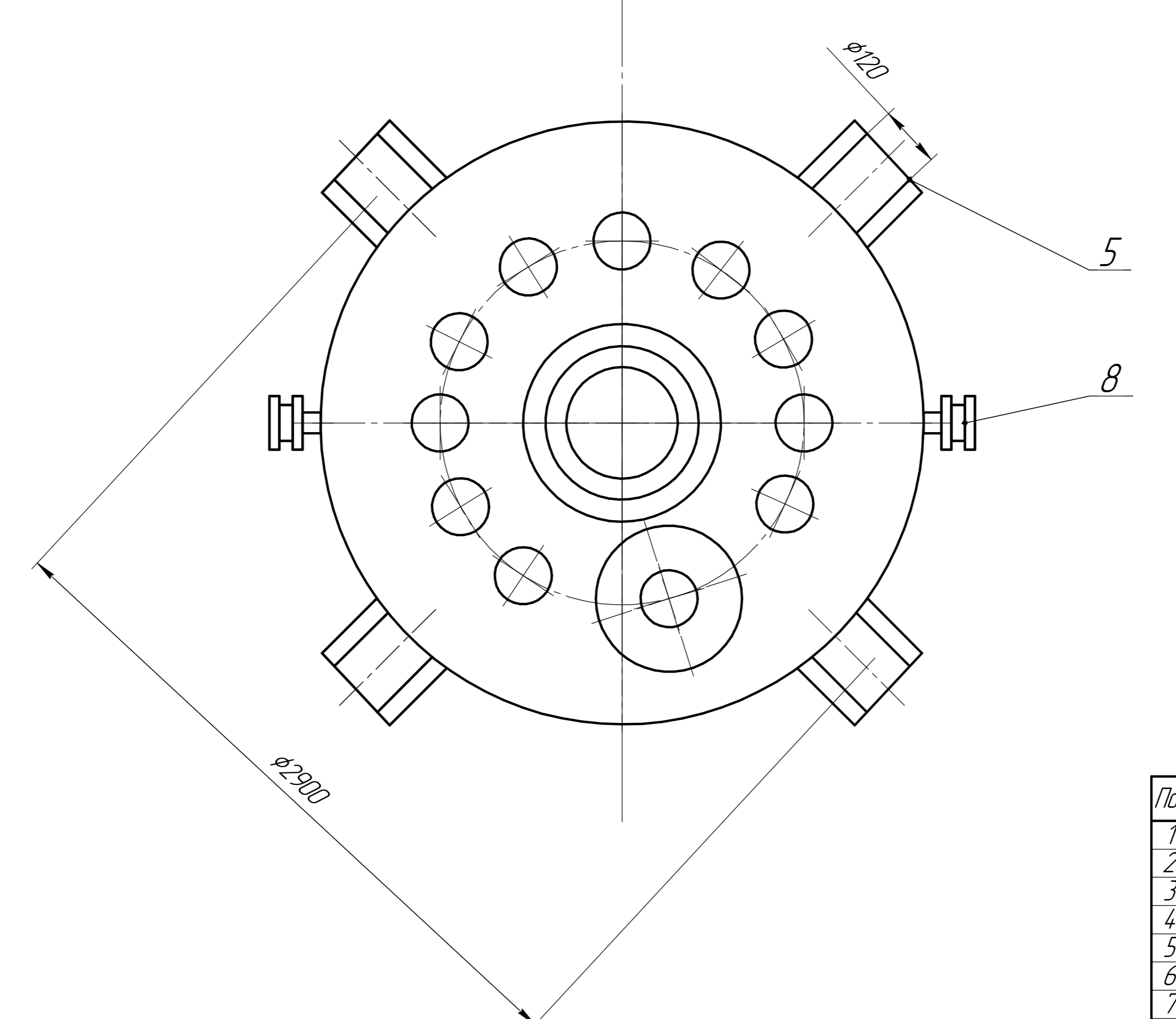
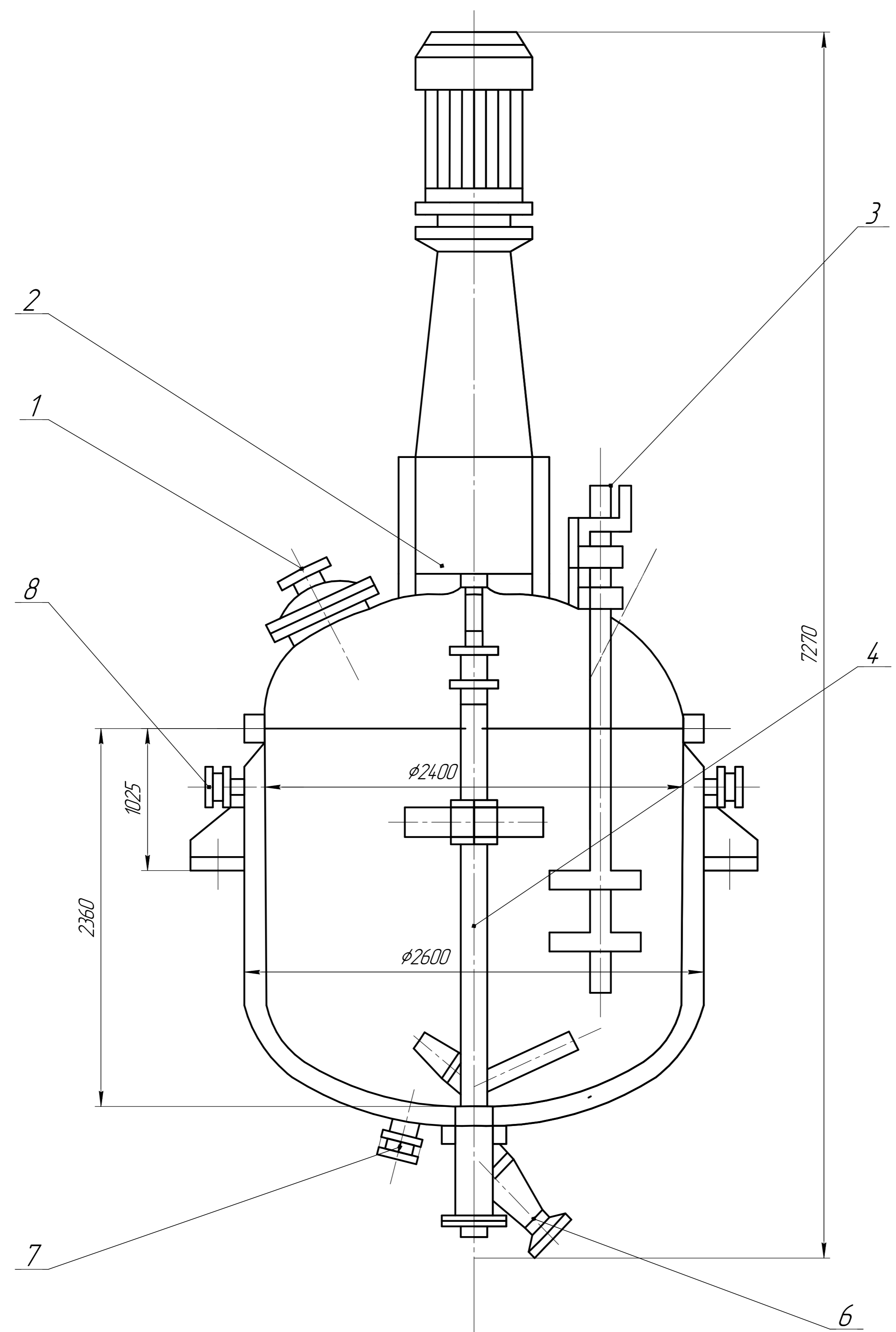
Таблиця трубопроводів

Позначення	Найменування
-К4-	Трубопровод механічно забруднених вод
-К6-	Трубопровод шкідливих вод
-К8-	Трубопровод кислих вод
-К9-	Трубопровод лужних вод
-К13-	Трубопровод очищених вод
-К14-	Трубопровод подачі діалізованого молока
-К15-	Трубопровод подачі підігріт

Колір	Мат.	Позначення	Найменування	Колір	Примітка
	1		Примісний резервуар	2	
	2	ЦНСК 60-66	Насос	2	
	3	СК 1-1	Склад зберігання вагни	1	
	4	Ц-4	Зсушувач	2	
	5	ПМТ-40	Розчинний бак	2	
	6	2.5 ПС-6	Насос	3	
	7		Реактор-нейтралізатор	2	
	8		Вертикальний відстійник	2	
	9	ГрУ 160/16	Насос	2	
	10		Примісний резервуар	1	
	11	ГрУ 160/16	Насос	2	
	12	ГрУ 160/16	Насос	2	
	13		Резервуар очищених вод	1	
	14	ЦНСК 60-66	Насос	2	
	15	ЦНСК 60-66	Насос	2	
	16	ЦНСК 60-66	Насос	2	
	17	ЦНСК 60-66	Насос	2	
	18		Ємність для фільтрату	1	
	19	БОУ-5-1,75	Вакуум-фільтр	4	
	20	ВВН-25	Вакуум-насос	4	
	21		Резервуар	4	
	22	ВК-6	Повітрядувка	1	
	23		Засувка	87	

ІНН.Д.2.185-20.500 СХ

Лист	№ докум.	Лист	Контр.	Технологія перевірки сірчаносислих відпрацьованих промислових розчинів з відхиленням товарного продукту	Лист	Маса	Масштаб
Розроб.	Колетяк				1		
Перед.	Колетяк						
Т.контр.	Колетяк						
Начальн.	Колетяк			Технікологічні схеми нейтралізації відпрацьованих промислових розчинів	Листів	5	Листів
Зам.	Колетяк						

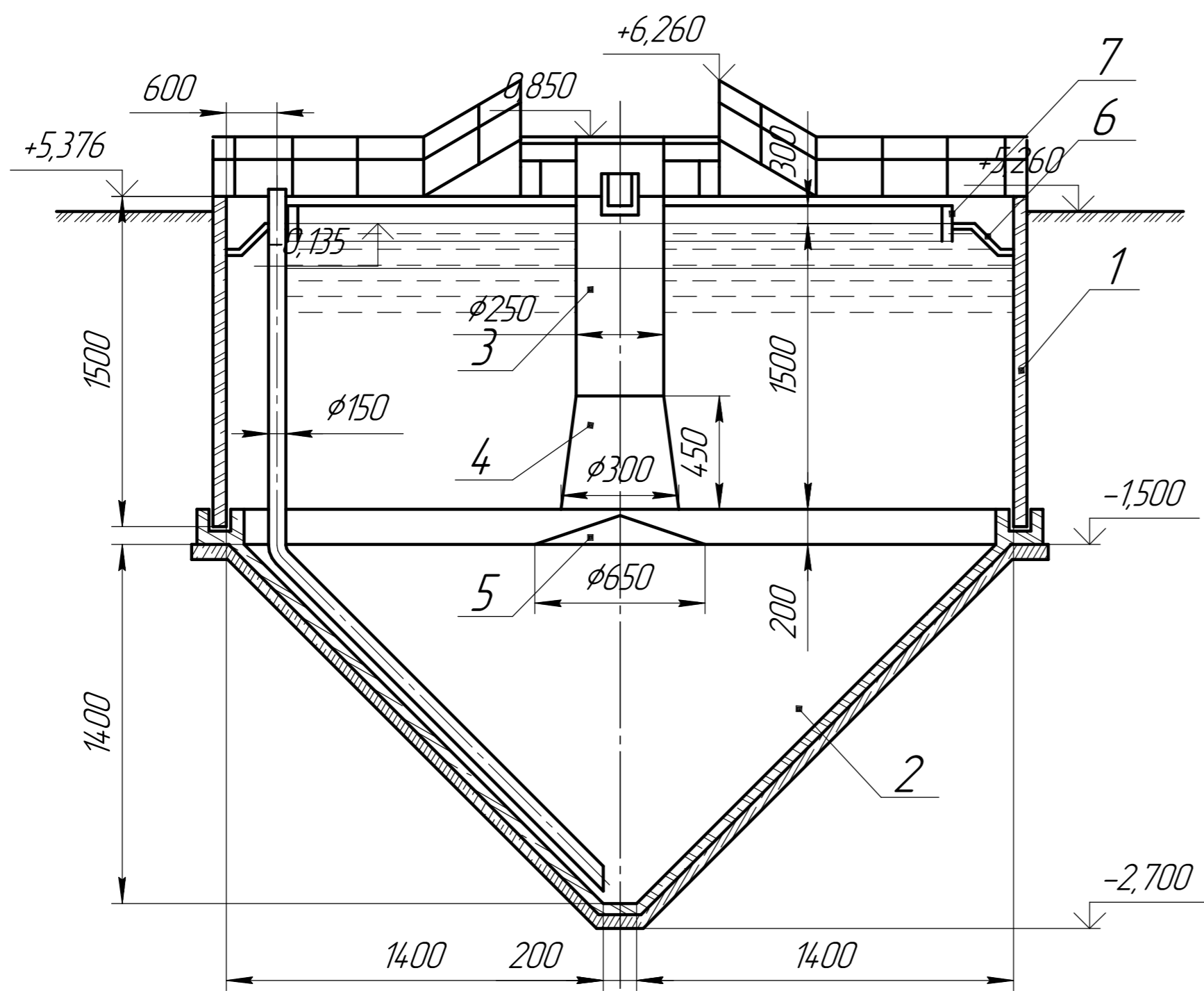


Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
1	ІНН.Д.2.85-20.601	Мот.		
2	ІНН.Д.2.85-20.602	Канал для введення розчину	1	
3	ІНН.Д.2.85-20.603	Гильза терморпар	1	
4	ІНН.Д.2.85-20.604	Патрубок	1	
5	ІНН.Д.2.85-20.605	Оглядове скло	1	
6	ІНН.Д.2.85-20.606	Канал для виведення розчину	1	
7	ІНН.Д.2.85-20.607	Вхід/вихід теплоносія	1	
8	ІНН.Д.2.85-20.608	Штицер, що розливає	1	

ІНН.Д.1.85-20.600 ЗВ				Лит	Маса	Маштаб
Технологія переробки сірчанокислних випарованих тривильних розчинів з одержанням товарного продукту				Н		1:20
Зм. Лист	№ док.м.	Підп.	Дата	Лист 6 / Листів		
Розроб.	Ляжкоб К.К.			Реактор		
Керівник	Кожем'яки Г.Б.					
Консил.	Кожем'яки Г.Б.			МОНУ ІНН ім. В.П. Потебні ЗНУ каф. ПЕОП, гр. 8.1830		
Інконтр.	Рижкоб В.Г.			Формат А1		
Затв.	Кожем'яки Г.Б.					

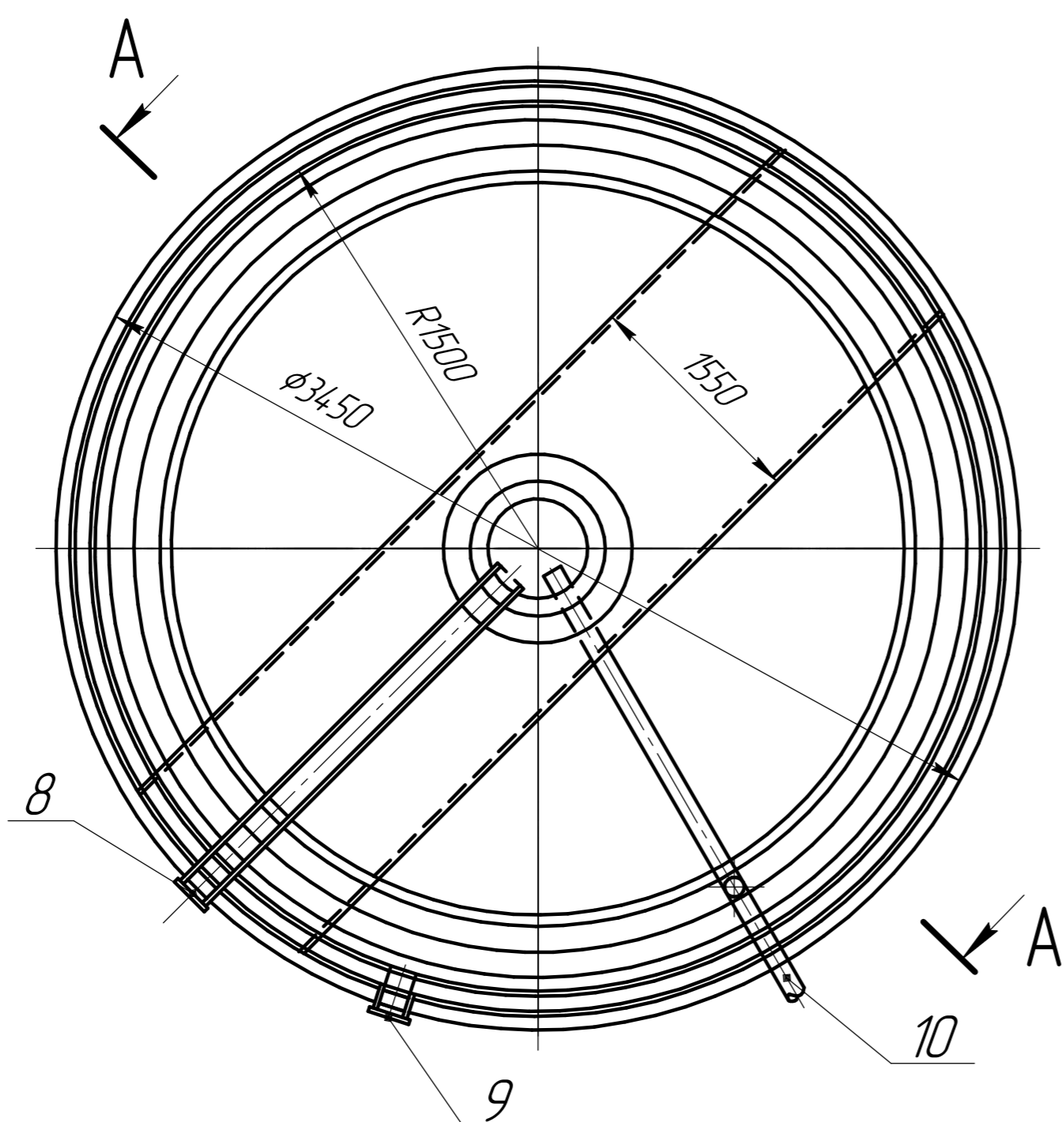
Лист № 6 / Листів 6
 Вид № 1830 / Вид № 1830
 Взам. шкід. № / Взам. шкід. №
 Листів у даному / Листів у даному
 Сторінок / Сторінок
 Перш. промен.

A - A



ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА

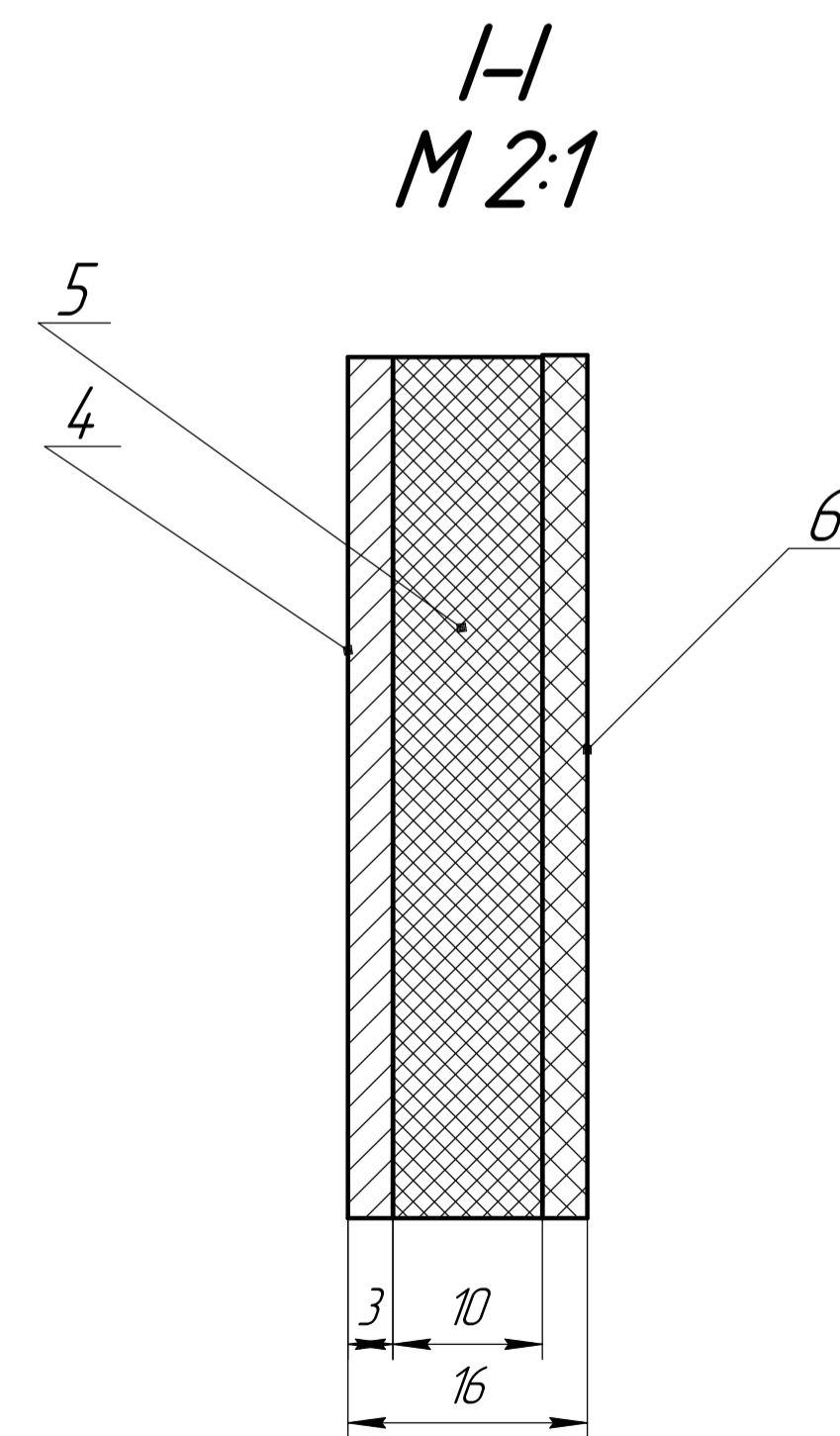
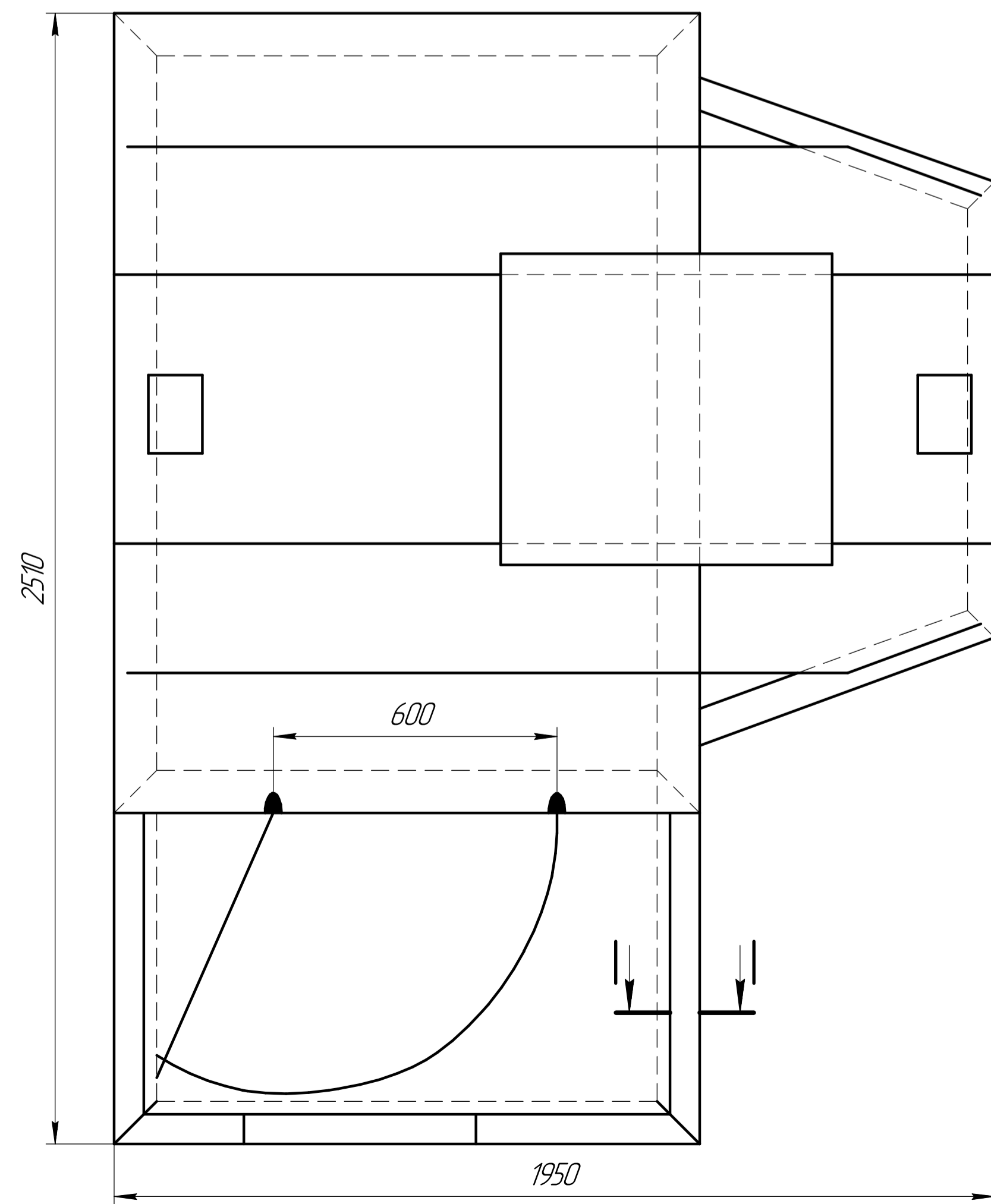
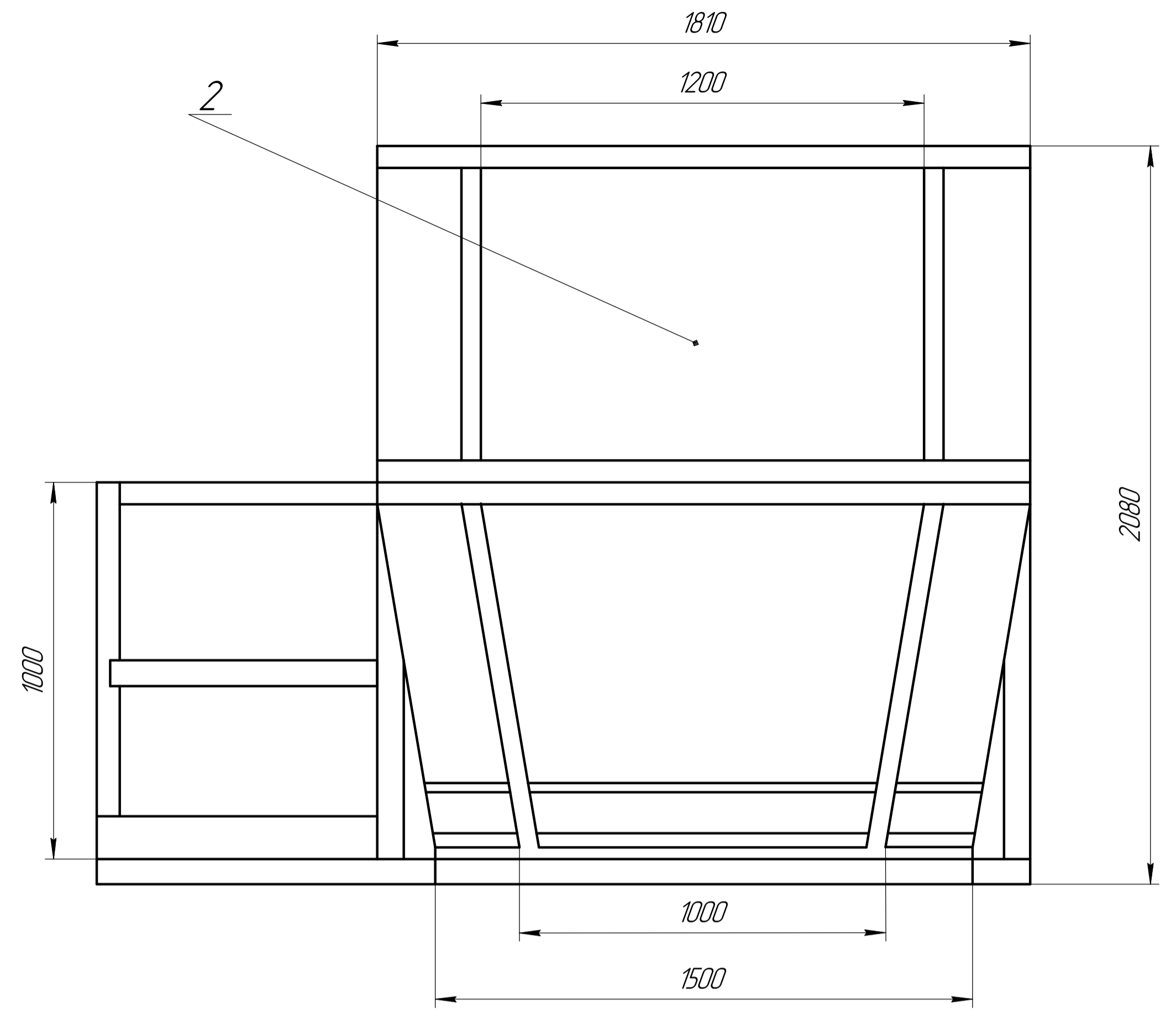
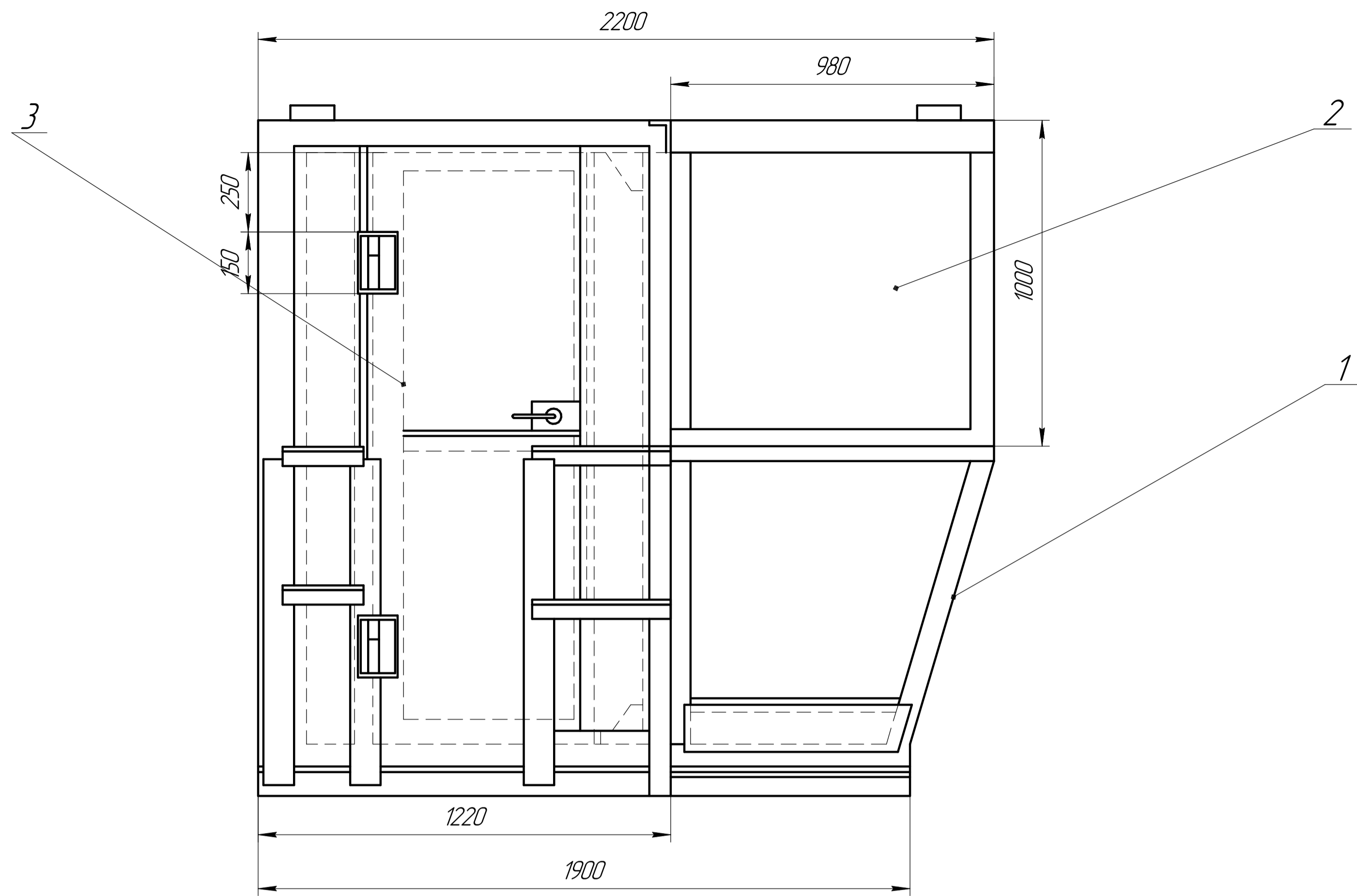
Витрата стічних вод	22 м ³ /доб
Гідрравлічна крупність	0,3 мм/с
Час відстаювання	12 год



Поз	Наименование	Кол	Примечание
1	Циліндричний корпус	1	
2	Кінцевий шламозбірник	1	
3	Центральна труба	1	
4	Розтруб	1	
5	Відбивний щит	1	
6	Кільцевий водозбірний лоток	1	
7	Напівзанурена перетинка	1	
8	Лідвод сточної води	1	
9	Відвод сточної води	1	
10	Відвод осаду	1	

				ІННІ.Д2 . 00 ЗВ		
Зм	Лист	№ док.	Лист	Дата	Технологія переробки сірчаноокислих відпрацьованих тваринних розчинів з одержанням товарного продукту	
Розроб	Поляков				Лист	Листів
Перев	Кожем'якін				Вертикальний відстійник	
Т.контр	Кожем'якін				МОН України, ЗНУ ПЕОП, 8.1830-18	
І.контр	Рижков				Формат А1	
Затв	Кожем'якін				Копірабат	

Лист № 1
Лист № 2
Лист № 3
Лист № 4
Лист № 5
Лист № 6
Лист № 7
Лист № 8
Лист № 9
Лист № 10
Лист № 11
Лист № 12
Лист № 13
Лист № 14
Лист № 15
Лист № 16
Лист № 17
Лист № 18
Лист № 19
Лист № 20
Лист № 21
Лист № 22
Лист № 23
Лист № 24
Лист № 25
Лист № 26
Лист № 27
Лист № 28
Лист № 29
Лист № 30
Лист № 31
Лист № 32
Лист № 33
Лист № 34
Лист № 35
Лист № 36
Лист № 37
Лист № 38
Лист № 39
Лист № 40
Лист № 41
Лист № 42
Лист № 43
Лист № 44
Лист № 45
Лист № 46
Лист № 47
Лист № 48
Лист № 49
Лист № 50



Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
1	ІНН.Д2.85-20.701	Корпус	1	
2	ІНН.Д2.85-20.702	Вікно	1	
3	ІНН.Д2.85-20.703	Двері	1	
4	ІНН.Д2.85-20.704	Сталевий лист	1	
5	ІНН.Д2.85-20.705	Мінеральна вата	1	
6	ІНН.Д2.85-20.706	Декоративний пластик	1	

ІНН.Д1.85-20.700.3В				Лист	Маса	Маштаб
Зм.	Лист	№ док.	Підп.	Дата	Технологія переробки сірчанокислих відпрацьованих прабильних розчинів з одержанням товарного продукту	1:20
Розроб.	Ложкоб К.К.				Лист 6	Листів
Керівник	Коженьяк Г.Б.				МОНУ ІНН ім. ДП Полтавн ЗНУ	
Консул	Коженьяк Г.Б.				каф. ПЕОП, гр. 8.1830	
Нхонтр.	Рижкоб В.Г.				Кабіна кранового машиніста	
Затв.	Коженьяк Г.Б.				Копирабал	

Лист № _____ Назва _____

Сторінка № _____

Листів у альбомі _____

Листів у даному _____

Лист № _____

Варіант _____

Листів у даному _____

Лист № _____

Листів у даному _____

ОСНОВНІ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЗАПРОЕКТОВАНОЇ УСТАНОВКИ НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ

ІНН.Д185-20.900 ТБ

№	ПОКАЗНИКИ	ОДИНИЦІ ВІМІРУ	ПРОЄКТНИЙ ВАРІАНТ
1.	РІЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ ОЧИСНОЇ УСТАНОВКИ	M^3/PIK	15635,52
2.	ПОЧАТКОВА КОНЦЕНТРАЦІЯ	$Г/M^3$	366,7
3.	КІНЦЕВА КОНЦЕНТРАЦІЯ	$Г/M^3$	0,1
4.	КІЛЬКІСТЬ ВЛОВЛЕНОГО ПРОДУКТУ	T	5,7
5.	КІЛЬКІСТЬ УТИЛІЗОВАНОГО ПРОДУКТУ	T	5,13
6.	КАПІТАЛЬНІ ВКЛАДЕННЯ	ГРН	1243405,00
12.	ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВИТРАТИ НА ОЧИСТКУ	ГРН	1173854,45
13.	ЕКОНОМІЯ ВІД УТИЛІЗАЦІЇ	ГРН	18100,00
14.	РІЧНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ	ГРН	1360365,2
15.	ТЕРМІН ОКУПНОСТІ КАПІТАЛЬНИХ ВКЛАДЕНЬ	PIK	1,1
16.	КОЕФІЦІЄНТ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ КАПІТАЛЬНИХ ВКЛАДЕНЬ	$ГРН/(ГРН \cdot PIK)$	0,9

				ІНН.Д185-20.800 ТБ			
ЗМ/Лист	№ док.м.	Підп.	Дата	Технологія переробки сірчанокислих відпрацьованих трайльних розчинів з одержанням товарного продукту	Лит.	Маса	Маштаб
Розроб.	Держав. КК				Н		
Керівник	Кожем'ян Г.Б.			Лист	Листів		
Консил.	Кожем'ян Г.Б.			МОНУ ІНН ім. В.П. Поліщук ЗНУ каф. ПЕОП, гр. 8.1830			
Інконтр.	Рижко В.Г.			Техніко-економічні показники			
Затв.	Кожем'ян Г.Б.						