

Пояснювальна записка до дипломного проекту

на тему: «Відділення очищення води для потреб районної котельні»

Київ – 2016 року

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка 92 стор., 20 табл., 20 форм., 6 рис., 15 бібл.

Розроблено проект відділення очищення води для потреб районної котельні. У проекті на підставі літературних відомостей обрано і обґрунтовано метод очищення води, наведено фізико-хімічні основи процесу коагуляції і механічного фільтрування. Наведено технічні вимоги до реагентів – коагулянту, флокулянту і вапна. Обґрунтовано норми технологічних режимів, наведена технологічна схема процесу та її опис. Розраховано освітлювач та механічні фільтри для здійснення процесу очищення. На підставі розрахунків обрано основний апарат та технологічне обладнання у відповідності з заданою потужністю відділення. Наведено схему автоматичного контролю і керування процесом, розроблено економіко-організаційну частину проекту, наведено характеристику відходів та технічні рішення з охорони довкілля.

КОАГУЛЯЦІЯ, ЗАВИСЛІ ДОМІШКИ, КОТЕЛЬНА УСТАНОВКА, КОАГУЛЯНТ, ФЛОКУЛЯНТ, ОСВІТЛЕНА ВОДА, ШЛАМ

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка 92 с., 20 табл., 20 форм., 6 рис., 15 библи.

Разработан проект отделения очистки воды для нужд районной котельной. В проекте на основании литературных данных выбран и обоснован метод очистки воды, приведены физико-химические основы процесса коагуляции и механического фильтрования. Приведены технические требования к реагентам – коагулянт, флокулянт и извести. Обоснованы нормы технологических режимов, приведена технологическая схема процесса и её описание. Рассчитаны осветитель и механические фильтры для осуществления процесса очистки. На основании расчетов выбран основной аппарат и технологическое оборудование в соответствии с заданной мощностью отделения. Приведена схема автоматического контроля и управления процессом, разработана экономико-организационная часть проекта, приведена характеристика отходов и технические решения по охране окружающей среды.

КОАГУЛЯЦИЯ, ВЗВЕШАНЫЕ ПРИМЕСИ, КОТЕЛЯНАЯ УСТАНОВКА,
КОАГУЛЯНТ, ФЛОКУЛЯНТ, ОСВЕТЛЕННАЯ ВОДА, ШЛАМ

ABSTRACT

Explanatory note 92 p., 20 tabl., 20 form., 6 pic., 15 libr.

The project department clean water for district boiler house was designed. In the project on the basis of literary information selected and justified method of water purification, physical and chemical basis of the process of coagulation and mechanical filtration were given. It provides technical requirements for reagents - coagulant, flocculant and lime. Standards technological regimes were justified process flowsheet and its description was given. Lighter and mechanical filters to clean the process was calculated. Based on the calculations were chosen main machine and technological equipment in accordance with a given power department. The scheme of automatic control and process control was given, economic and organizational part of the project was developed, waste characterization and technical solutions for environmental protection were given.

COAGULATION, SUSPENDED IMPURITIES, BOILER PLANT, COAGULANTS, FLOCCULANTS, ILLUMINATED BY WATER, MUD

ЗМІСТ

Ст.

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів	12
Вступ.....	13
1 Обґрунтування та вибір способу і технологічної схеми виробництва	15
1.1 Водні проблеми котлів.....	15
1.2 Очищення води методом коагуляції	18
1.3 Очищення води вапнуванням	19
1.4 Вапняно-содовий метод очищення води	21
2 Характеристика продукції, сировини, допоміжних матеріалів.....	22
2.1 Характеристика реагентів і вихідної води.....	22
2.2 Характеристика продукції.....	24
2.3 Характеристика допоміжних матеріалів.....	25
3 Хімізм та теоретичні основи вибраного методу і обґрунтування технологічних режимів	26
3.1 Хімізм процесу очищення води	26
3.2 Фізико-хімічні основи процесу коагуляції	26
3.3 Гідроліз коагулянту.....	31
3.4 Оптимальні умови і інтенсифікація процесу коагуляції.....	32
3.5 Фізико-хімічні основи процесу механічного фільтрування	34
4 Опис технологічної схеми виробництва	36
5 Характеристика основного апарату	40
5.1 Розрахунок та вибір освітлювача	40
5.2 Розрахунок витрати вапна у вигляді $\text{Ca}(\text{OH})_2$	44
5.3 Розрахунок витрати коагулянту.....	45
5.4 Розрахунок витрати флокулянту	45

6	Характеристика технологічного обладнання	47
6.1	Розрахунок механічних фільтрів	47
6.2	Розрахунок баків для приготування розчину коагулянту	49
6.3	Розрахунок установки для приготування розчину $\text{Ca}(\text{OH})_2$	49
6.4	Розрахунок установки для приготування розчину флокулянту	50
6.5	Розрахунок баків вапнованої і освітленої води.....	50
6.6	Вибір насосного обладнання.....	51
7	Автоматичне регулювання та контроль виробництва.....	52
7.1	Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації та обґрунтування задач автоматизації	52
7.2	Опис розробленої схеми автоматизації.....	54
8	Економіко-організаційні розрахунки	56
8.1	Класифікаційні ознаки і організаційна структура відділення очищення води	56
8.2	Технологічна підготовка виробництва	57
8.2.1	Класифікація виробничих процесів	57
8.2.2	Вид руху предметів праці.....	58
8.2.3	Розрахунок кількості одиниць обладнання, чисельності персоналу. Графік роботи і графік змінності персоналу	59
8.2.4	Порядок технічного контролю якості відділення	61
8.3	Матеріальна, документальна та організаційно-технічна підготовка виробництва	62
8.3.1	Вартість основних фондів відділення	62
8.3.4	Собівартість технічного контролю якості відділення	64
8.3.5	Техніко-економічні показники відділення	65
9	Охорона праці	66
9.1	Виявлення та аналіз ШНВФ на проектному об'єкті. Заходи з охорони праці	66
9.1.1	Повітря робочої зони	66
9.1.2	Виробниче освітлення	69
9.1.3	Захист від виробничого шуму та вібрацій.....	70

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9.1.4 Електробезпека	71
9.1.5 Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання	73
9.2 Пожежна безпека.....	73
10 Екологічна безпека виробництва.....	75
10.1 Аналіз джерел та розрахунок кількості відходів, що утворюються	75
10.2 Можливі варіанти екологізації виробництва	76
10.3 Підбір обладнання за обраним рішенням	80
10.4 Розрахунок екологічних платежів	80
Висновки	82
Перелік посилань.....	84

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

ХВО – хімічне водоочищення;
ПАА – поліакриамід;
ДСТУ – державні стандарти України;
ТУ – технічні умови;
ДР – добуток розчинності;
КВЕД – класифікація видів економічної діяльності;
ВРПП – вид руху предметів праці;
ЗП – заробітна плата;
ФОП – фонд оплати праці;
ШНВФ – шкідливий і небезпечний виробничий фактор;
ДСН – державні санітарні норми;
ПКУ – Податковий кодекс України;
ГДК – гранично-допустима концентрація.

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

На даний час практично в будь-якій галузі промисловості і побутових системах опалювання використовуються різні види котельних установок, в яких проводиться нагрівання води.

Котельні установки малої та середньої потужності широко застосовуються для різних технологічних процесів, теплопостачання, систем опалення, вентиляції та гарячого водопостачання житлових, громадських та промислових будівель і споруд, об'єктів промислового і сільськогосподарського будівництва, підприємств громадського харчування, технологічних споживачів теплоти в лазнях, пральні, на будівельних майданчиках. У сільському господарстві пара, що виробляється котлами, використовується на тваринницьких фермах для запарювання кормів, а також для опалення теплиць та сушіння зерна.

Котельна установка являє собою розташовану в одному технічному приміщенні установку, яка складається з котла і допоміжного обладнання, для отримання водяної пари або гарячої води за рахунок теплоти палива, що спалюється. Основним пристроєм котельні є паровий, жаротрубний або водогрійний котел, в якому відбувається нагрівання робочої рідини (теплоносія, як правило води або пари).

Вода, яка являється дешевим теплоносієм і універсальним розчинником, може представляти загрозу для водогрійного чи парового котла. Ризики, в першу чергу, пов'язані з наявністю в воді певних домішок. Вирішення і попередження проблем в роботі котельного обладнання неможливе без чіткого розуміння їх причин, а також знання сучасних технологій очищення води.

Хімічне водоочищення (ХВО) сучасними методами і технологіями забезпечує довгу і успішну роботу котельного устаткування, вигідне використання коштів, виключає постійний технічний контроль, так як запобігає поломкам, що пов'язані з якістю живильної води. Основними завданнями систем підготовки води для котельних установок є забезпечення відсутності на-

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кипу і подальшого розвитку корозії на внутрішній поверхні котлів, трубопроводів і теплообмінників. Такі відкладення можуть стати причиною втрати потужності, а розвиток корозії може призвести до повної зупинки роботи котельні через закупорювання внутрішньої частини обладнання.

Метою даного дипломного проекту є організація раціонального водного режиму, що включає в себе належну обробку води для потреб котельної установки в поєднанні з певними конструктивними заходами і відповідне очищення живильної води від наявних газоподібних і твердих домішок. За допомогою обраної технологічної схеми здійснюється часткове пом'якшення води, знижується вміст заліза, силіцію і органічних речовин, а також лужність і солевміст вихідної води, видалення розчинної вуглекислоти. Це забезпечує якісну роботу і довгий термін експлуатації котельної установки.

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБУ І ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА

Необхідність очищення води від забруднень виникає у тому випадку, якщо якість води природних джерел не задовольняє вимогам, що висуваються. Невідповідність якості води джерела вимогам споживачів визначає вибір методу очищення.

В технології очищення природних вод використовуються різноманітні технологічні прийоми та методи покращення якості води. Вибір раціональної схеми обробки води представляє значні труднощі. Це пояснюється не тільки недостатньо продуманою технологічною схемою, але й зміною складу поверхневої води у часі, в результаті скиду стічних вод нових промислових підприємств чи порушення умов експлуатації водойми у зв'язку з розвитком водного транспорту, роботами по осушенню болот (розташованих вище за течією), розвитком торф'яних розробок тощо. Технологічні схеми передбачають компонування очисних будівель, охоплюючи процеси видалення речовин, що відносяться за звичай до декількох груп класифікації Кульського. Тому при складанні схеми водопідготовки необхідно обирати методи та режими, найбільш ефективні для видалення домішок кожної з груп [1].

1.1 Водні проблеми котлів

Для котлових систем характерні три групи проблем, що пов'язані з присутністю у воді наступних домішок:

- нерозчинних механічних;
- розчинних осадоутворюючих;
- корозійноактивних.

Кожна із цих домішок може слугувати причиною виходу зі строю того чи іншого обладнання теплової установки, а також вносить свій вклад в зниження ефективності і стабільності роботи котла. Використання в теплових системах води, що не пройшла механічну фільтрацію, призводить до най-

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

більш грубих поломок – виведення зі строю циркуляційних насосів, пошкодження трубопроводів, запірної і регулюючої арматури тощо. Зазвичай механічні домішки – це пісок і глина, що присутні як у водопровідній, так і в воді із артезіанських джерел, а також продукти корозії трубопроводів, поверхонь передачі тепла і інших металічних частин системи, що знаходяться в постійному контакті з агресивною водою.

Розчиненні домішки можуть викликати більш серйозні неполадки в роботі енергетичного обладнання, які найбільш часто пов'язані з утворенням накипних відкладень, корозією котлової системи, спіненням котлової води і винесенням солей з парою. Ця група домішок потребує особливої уваги, оскільки її присутність у воді найчастіше не так очевидна, як наявність механічних домішок, а наслідки дії на котельне обладнання можуть бути найбільш руйнівними – від зниження енергоефективності системи до повного її руйнування.

Карбонатні відкладення, викликані підвищеною твердістю води, – являються результатом процесів утворення накипу, які протікають навіть в низькотемпературному теплообмінному обладнанні. Так, при нагріванні води більше 130 °С сильно знижується розчинність сульфату кальцію і відбувається утворення особливо щільного накипу гіпсу.

Утворення накипних відкладень, по-перше, погіршує тепловіддачу теплообмінних поверхонь, що призводить до перегріву стінок котла і зниження терміну його роботи, а по-друге, викликає збільшення втрат тепла. Погіршення теплообміну призводить до перевитрати енергоносіїв, що впливає на експлуатаційні затрати. Утворення на поверхні нагріву навіть незначних по товщині шару відкладень призводить до перегрівання металу і, як наслідок, до можливості розриву труб.

Утворення накипу являється однозначною причиною використання в котловій системі води низької якості. В цьому випадку розвивається корозія

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

металічних поверхонь і відкладень, в тому ж числі накипних, продуктів окиснення металу.

В котлових системах можуть відбуватися два типи корозійних процесів: хімічна і електрохімічна корозія.

Електрохімічна корозія пов'язана з утворенням великої кількості мікрогальванічних пар на металічних поверхнях. В більшості випадків корозія виникає в нещільностях металічних швів і розвальцьованих кінцях теплообмінних труб, а результатом таких уражень являються кільцеві тріщини. Основними стимуляторами корозії є розчинений кисень і вуглекислий газ. Якщо конструкції виконані із чорної сталі, будь-яке відхилення від діапазону рН 8,3 – 8,5 призводить до руйнування пасивуючої плівки і корозії металу.

Особливу увагу необхідно звернути на поведінку газів в котловій системі. З підвищенням температури розчинність газів в воді знижується – відбувається їх десорбція із котлової води. Цей процес зумовлює високу корозійну активність кисню і оксиду вуглецю (VI). Крім того, в процесі нагрівання і випаровування води відбувається розклад гідрокарбонатів на карбонати і оксид вуглецю (VI), який виноситься разом з парою та обумовлює низький рН і високу корозійну активність конденсату. Тому при виборі схеми очищення води і внутрішньокотлової обробки необхідно передбачати способи нейтралізації кисню і оксиду вуглецю (VI).

Інший тип хімічної корозії – хлоридна корозія. Хлориди, через свою високу розчинність, присутні в усіх доступних джерелах водопостачання. Хлориди руйнують пасивуючу плівку на поверхні металу, тим самим стимулюють розвиток вторинних корозійних процесів. Гранично допустима концентрація хлоридів у воді котлових систем – 150-200 мг/дм³.

Утворення накипу і корозійні процеси являються результатом використання в котловій системі води низької якості – хімічно агресивної і нестабільної. Експлуатувати котлові системи на такій воді економічно не доцільно і небезпечно з точки зору техногенних ризиків [2].

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Очищення води методом коагуляції

В процесі механічної очистки поверхневих вод досить легко видаляються частинки розміром 10 мкм і більше, дрібнодисперсні і колоїдні частинки практично не видаляються. Для їх очищення застосовують метод коагуляції, який найбільш ефективний для видалення з води колоїдно-дисперсних частинок з розміром 1 – 100 мкм.

Коагуляція – це процес злипання частинок колоїдної системи в результаті їх взаємодії під дією молекулярних сил зчеплення при перемішуванні або направленому переміщенні в зовнішньому силовому полі. В результаті коагуляції утворюються агрегати – великі (вторинні) частинки, що складаються зі згуртування дрібних (первинних). Первинні частинки в таких агрегатах з'єднані силами міжмолекулярної взаємодії безпосередньо або через прошарок навколишнього (дисперсійної) середовища. Коагуляція супроводжується прогресуючим укрупненням частинок і зменшенням їх загального числа в об'ємі води.

Завислі домішки води в більшості випадків мають однакові заряди, що обумовлює виникнення міжмолекулярних сил відштовхування і їх агрегативну стійкість. У технології підготовки води прагнуть порушити агрегативну стійкість домішок і в результаті здійснити повне або часткове їх видалення. Це досягається додаванням до води коагулянтів: сульфатів алюмінію, феруму (II і III), хлориду алюмінію і феруму (III), алюмінату натрію, оксохлориду алюмінію, гідроксосульфату алюмінію, гідроксосульфату заліза або інших речовин, які сприяють порушенню агрегативної стійкості [1].

Якщо при освітленні та коагуляції поверхневих вод потрібно одночасно знизити їх лужність та солевміст, ці процеси суміщають з вапнуванням в освітлювачах.

При проведенні процесу коагуляції в освітлювачі рекомендується додавання флокулянтів (як правило, поліакриламід), які сприяють укрупненню

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

осаду і пришвидшують злипання колоїдних і завислих частинок, що осаджуються.

Температуру оброблюваної води в схемах з коагуляцією приймають в межах 20 – 25 °С. При поєднанні процесу коагуляції з вапнуванням рекомендовано здійснювати підігрів води до 30 – 40 °С.

Оптимальна доза коагулянту, тобто його мінімальна кількість, яка забезпечить зниження концентрації колоїдних і грубодисперсних домішок у вихідній воді, повинна встановлюватися експериментально для кожного джерела води в різні періоди року. Зазвичай доза сірчанокислового алюмінію при коагуляції знаходиться в межах 0,5 – 1,2 мг-екв/дм³.

Звична доза флокулянту ПАА, що збільшує ефект освітлення води і продуктивність установки, складає 0,1 – 1 мг/дм³ вихідної води. При чому ПАА дозується в воду у вигляді сильно розведених розчинів концентрацією 0,1 %, забезпечуючи при цьому інтенсивне перемішування розчину з водою.

Коагулянт краще вводити в зону контактного середовища, але одночасно необхідно забезпечити, щоб флокулянт вводився через 1 – 3 хв після введення коагулянту, щоб до цього часу були завершені процеси утворення первинних пластівців і сорбція речовин, що осаджуються [3].

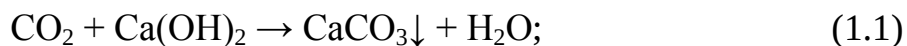
1.3 Очищення води вапнуванням

Вапнування води, тобто обробка $\text{Ca}(\text{OH})_2$, полягає у зв'язуванні іонів, що підлягають видаленню, у малорозчинні сполуки, які осаджуються у вигляді шламу, що потім видаляється з оброблюваної води методом фільтрування. Головним призначенням вапнування є видалення з води зв'язаної та вільної вуглекислоти, зниження лужності та сухого залишку вихідної води з одночасним її пом'якшенням. Крім того, вапнуванням, поєднаним з коагуляцією, досягається видалення заліза з поверхневої води, органічних речовин, кольоровості та часткове видалення з неї кремнієвих сполук.

Реакції процесу вапнування в молекулярній формі [3]:

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

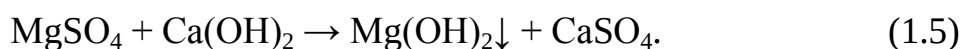
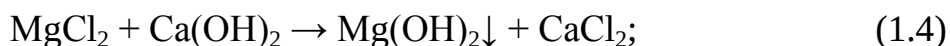
- видалення вільної вуглекислоти



- видалення кальцієвої і магнієвої карбонатної твердості



Видалення магнієвої не карбонатної твердості шляхом вапнування при подальшому катіонуванні виконувати недоцільно, тому що утворюється еквівалентна кількість кальцієвої твердості:



В підігріту до температури близько 30 °С вихідну воду дозується у вигляді суспензії гашене вапно $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Розчиняючись, його компоненти збагачують воду іонами Ca^{2+} і одночасно іонами OH^- , зсуваючи вуглекислотну рівновагу в сторону утворення іонів CO_3^{2-} . В результаті підвищення їхньої концентрації досягається добуток розчинності CaCO_3 . В складі цієї сполуки в осад випадає іон Ca^{2+} , що міститься в вихідній воді і введений з вапном.

Ефективність процесу вапнування води залежить від ряду факторів, до основних із яких відносяться правильне дозування вапна задовільної якості, використання в окремих випадках коагуляції, підігрівання води до строго заданої температури, використання утвореного шламу для поглиблення процесу обробки, вибір оптимальних режимів руху оброблюваної води в освітлювачі.

Технологічний процес вапнування широко використовується для вод з лужністю, що перевищує 1,5 мг-екв/кг. Поряд з сприятливими змінами основних показників якості вихідної води, що призводять до економії кислоти і лугу при наступному хімічному знесоленні вапнованої води, слід відмітити, що при вапнуванні домішки переходять в стічні води у вигляді твердої фази, що спрощує їхню переробку при створенні безстічних схем, а лужні компо-

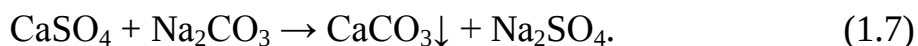
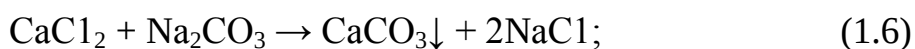
					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ненти – карбонат кальцію і гідроксид магнію, що містяться в водах для про-
дувки, можуть бути використані для нейтралізації кислих стоків [4].

1.4 Вапняно-содовий метод очищення води

Процес содового вапнування, як метод пом'якшення, застосовується до вод практично любого складу на відміну від вапнування, при якому твердість води знижується лише на значення її карбонатної складової. Для більш гли-
бокого пом'якшення води необхідно ввести зовні іони CO_3^{2-} , а для виділення $\text{Mg}(\text{OH})_2$ потрібно збільшити дозу вапна. Це досягається вапняно-содовою обробкою води, при якій разом з вапном дозується також кальцинована сода Na_2CO_3 , яка за рахунок дисоціації створює в воді надлишок іонів CO_3^{2-} , що сприяють переведенню в тверду фазу іонів Ca^{2+} [4].

При даному методі відбуваються ті ж самі реакції, що й при вапнуван-
ні, але магній видаляється повністю (магнієва жорсткість переходить в каль-
цієву), а кальцієві солі некарбонатної жорсткості видаляються содою:



Метод використовують для вод, в яких загальна твердість більша за лужність вихідної води [3].

Розглянувши переваги і недоліки методів очищення води для потреб котельної установки була обрана традиційна схема попереднього очищення, в якій поєднано процес коагуляції з вапнуванням та подальшим фільтруван-
ням на механічних фільтрах.

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ

2.1 Характеристика реагентів і вихідної води

Очищення води для потреб котельної установки методом коагуляції з вапнуванням здійснюється за допомогою наступних реагентів:

- коагулянт (сульфат заліза II);
- флокулянт (ПАА);
- вапно негашене (CaO).

Повнота освітлення води залежить від приготованих розчинів реагентів з необхідною концентрацією, якістю цих реагентів та правильністю їх зберігання і транспортування.

Сульфат заліза (II) (залізний купорос) є складною неорганічною речовиною з хімічною формулою $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Окиснення $\text{Fe}(\text{OH})_2$, що утворюється в результаті гідролізу залізного купоросу, при pH менше 8 перебігає повільно, що призводить до не повного його осадження і незадовільного ходу коагуляції. Тому перед застосуванням залізного купоросу в воду вводять вапно.

Фізико-хімічні показники залізного купоросу технічного наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Фізико-хімічні показники купоросу залізного технічного відповідно до ДСТУ 2463-94 [5]

Найменування показника	Норма для сорту	
	I сорт	II сорт
Зовнішній вигляд	Кристали, зеленувато-голубі	
Масова частка FeSO_4 , %, не менше	53	47
Масова частка вільної сульфатної кислоти, %, не більше	0,3	1
Масова частка не розчинних у воді речовин, %, не більше	0,2	1

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічний поліакриламід (ПАА) виробляють з нітрилу акрилової кислоти, який при гідролізі в присутності сульфатної кислоти перетворюється в акрил-амід і частково акрилову кислоту. Надлишок сульфатної кислоти нейтралізують аміаком і потім полімеризують. Отримують відповідно так званий «аміачний поліакриламід», що містить акрилат амонію. Кінцевий продукт поліакриламід-гель з хімічною формулою $(\text{CH} - \text{CH}(\text{CONH}_2))_n$ – прозора желеподібна в'язка маса або гранули від світло-жовтого до блакитного кольору. Фізико-хімічні показники поліакриламід-гелю наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Фізико-хімічні показники поліакриламід-гелю відповідно до ТУ 2216-042-07510508-2009 [5]

Найменування показника	Норма для сорту		
	Вищий	Перший	Другий
Масова частка основної речовини, %, не менше	6	6	5
Швидкість осадження по оксиду міді, мм/с, не менше	12	8	4
Масова частка залишкового акриламідру на 1 % основної речовини, %, не більше	0,0025	0,0025	0,0025

Оксид кальцію (негашене вапно), що в промисловості отримують термічним розкладом карбонату кальцію, розчиняється в воді з виділенням енергії і утворенням гідроксиду кальцію (гашеного вапна). Фізико-хімічні показники вапна негашеного молотого порошкоподібного наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Фізико-хімічні показники вапна негашеного молотого порошкоподібного відповідно до ГОСТ 9179-77 [5]

Показник	I сорт	II сорт	III сорт
Вміст активних $\text{CaO} + \text{MgO}$, %	91	83,5	70
Вміст активного MgO , %	0,5	3,7	5
Час гасіння, хв, не більше	3	5	8
Температура гасіння, °C	90	85	85

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Першою типовою проблемою природної води являються солі кальцію і магнію, що зумовлюють загальну твердість. В Україні, в залежності від регіону і типу джерела водопостачання, твердість вод, може приймати значення від 2 до 30 ммоль/дм³. Іншою типовою домішкою українських вод є розчиненні солі заліза, вміст яких в природних водах України знаходиться в інтервалі між 0,3 і 20 мг/дм³. Контроль якості води котлових систем здійснюється шляхом лабораторних аналізів чи експрес тестів [2].

Склад вхідної води, що подається у відділення реагентного очищення для потреб районної котельні, наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Склад вхідної води

Показник якості води	Одиниця виміру	Значення
Завислі речовини	мг/дм ³	141
Іонний склад:	ммоль/дм ³	
Ca ²⁺		5,75
Mg ²⁺		1,01
Na ⁺		0,76
HCO ⁻		2,63
SiO ₃ ²⁻		0,059
Cl ⁻		1,58
SO ₄ ²⁻		3,29
NO ₃ ⁻		0
CO ₃ ²⁻		0
CO ₂		0,025
Розчинений кисень	мг/дм ³	6

2.2 Характеристика продукції

Продукцією відділення очищення води для потреб районної котельні є оброблена вода після коагуляції в освітлювачі та фільтрації на механічних фільтрах. Освітлена вода подається на подальше очищення до відділення глибокого знесолення.

Виконання вимог р експлуатації і обслуговування освітлювачів дозволяє очистити воду до показників, що наведені в таблиці 2.5.

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.5 – Показники якості обробленої (освітленої) води [6]

Показник	Одиниця виміру	Значення
Твердість	ммоль/дм ³	1,8 - 2,2
Лужність:	ммоль/дм ³	0,0 - 0,1
Гідратна		0,9 - 1,2
Загальна		
Вміст сполук заліза	мг/дм ³	≤ 0,3
Вміст завислих речовин	мг/дм ³	≤ 10
Окисність	% від вмісту у вхідній воді	≤ 50
Вміст реакційної кремнекислоти		≤ 75
Прозорість "за хрестом"	см	≥ 30
pH		9,9 - 10,1

Котлові системи прийнято розділяти за їхнім призначенням на водогрійні і парові. Для кожного типу існує свій набір вимог до хімічно очищеної води, який також залежить від потужності котла і температурного режиму. Вимоги до якості води для котлових систем встановлюються на рівні, що забезпечує ефективну і безпечну роботу котла при мінімальному ризику утворенні відкладень і корозії.

2.3 Характеристика допоміжних матеріалів

В якості фільтруючого матеріалу в механічних фільтрах використовуються антрацит фільтрант – зернистий, зносостійкий, хімічно чистий матеріал, виготовлений на основі вугілля-антрациту шляхом його термічної обробки, подрібнення і наступного просіювання на відповідні фракції. Фізико-хімічні показники антрациту фільтранту наведено в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Фізико-хімічні показники антрациту фільтранту [7]

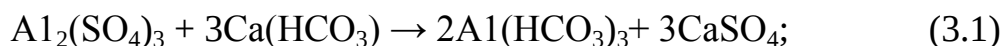
Показник	Фракція 1	Фракція 2	Фракція 3
Гранулометричний склад, мм	0,6 - 1,6	1,4 - 2,5	2,0 - 4,0
Насипна вага, кг/м ³	~700	~700	~720
Густина при 20 °С, кг/м ³	1,45	1,45	1,45
Ефективний розмір гранул, мм	0,9 - 1,0	1,5 - 1,6	2,6 - 2,7
Пористість, %	~8,5	~8,5	~8,5

3 ХІМІЗМ ТА ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИБРАНОГО МЕТОДУ І ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ

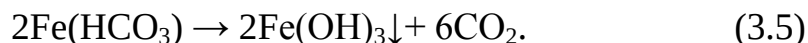
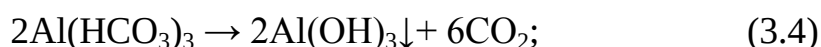
В даному дипломному проєкті основними стадіями обробки води є коагуляція в освітлювачах та подальша фільтрація на механічних фільтрах, тому нижче розглянуто детально механізми і реакції перебігання даних процесів.

3.1 Хімізм процесу очищення води

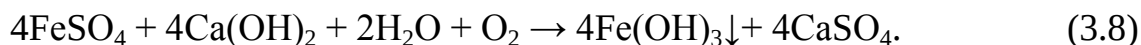
При достатньому вмісті у воді солей карбонатної твердості взаємодія різних видів коагулянтів з наявними солями бути виражена наступними рівняннями [3]:



Утворені гідрокарбонати алюмінію та заліза нестійкі та розкладаються з утворенням пластівців гідроксидів:



Якщо карбонатна твердість вихідної води невелика, особливо в період паводку, реакція утворення пластівців коагулянту може не відбуватися. В такому випадку воду підلужують вапном (в схемах з вапнуванням) або гідроксидом натрію (при цьому зростає солевміст за рахунок утворення Na_2SO_4):



3.2 Фізико-хімічні основи процесу коагуляції

Колоїдні домішки, що знаходяться в природній воді, представляють гетерофазну систему, в якій вода являється дисперсним середовищем, а маса розподілених в воді колоїдних частинок – дисперсною фазою. Ці частинки

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

представляють собою дуже малі агрегати кристалічної чи аморфної будови. Завдяки великій питомій поверхні колоїдних частинок вони мають досить значну поверхневу енергію, а відповідно, і високу адсорбційну ємність. Ця обставина має велике значення, оскільки основний процес обробки води – коагуляція – пов'язана з адсорбцією на колоїдних частинках домішок, що містяться в воді.

Появі колоїдних частинок передують утворення твердої фази (ядра), що адсорбує із розчину потенціалутворюючі іони. Сильніше адсорбуються іони, котрі більше понижують вільну енергію поверхні твердої фази. В результаті поглинання іонів поверхня ядра набуває заряд. Протилежно зарядженні іони (протиіони), що знаходяться в розчині, збираються у поверхні ядра внаслідок електричного притягання між протилежними електричними зарядами і утворюють колоїдну частинку. Якщо б в розчині не було теплового руху, що призводить до переміщення іонів, протиіони утворювали б мономолекулярний шар (рисунок 3.1, а), що охоплює колоїдну частинку на відстані іонного радіуса. Термодинамічний потенціал у такого подвійного шару є потенціалом між твердою фазою і рідиною. В дійсності упорядкована структура оболонки порушується в результаті теплового руху іонів в розчині, а шар протиіонів, що оточують частинку, набуває дифузійний характер (рисунок 4.1, б).

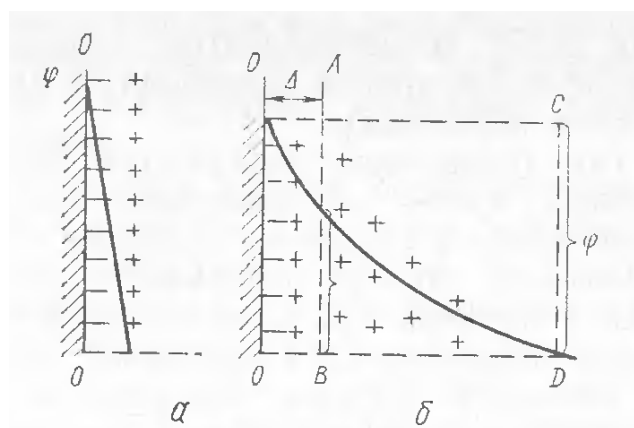


Рисунок 4.1 – Зміна потенціалу і розподілення заряду в подвійному (а) і дифузійному (б) шарах [1].

Колоїдна частинка разом з оточуючим її дифузійним шаром називається міцелою. На рисунку 4.2 зображена схема будови міцели золю $\text{Fe}(\text{OH})_3$, що отриманий внаслідок гідролізу FeCl_3 . Золь – система, що складається із колоїдних частинок, розподілених в рідкому чи газоподібному середовищі. Якщо таким середовищем є вода, то система називається гідрозолем.

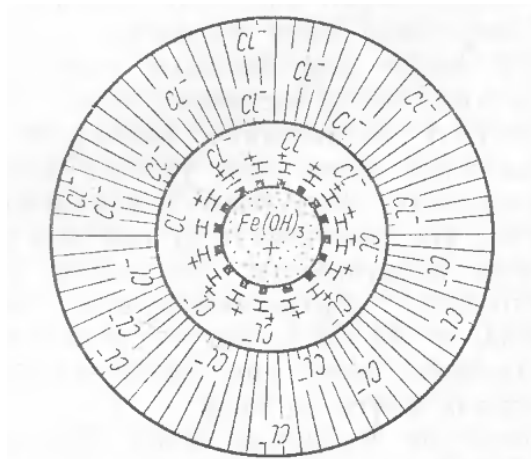
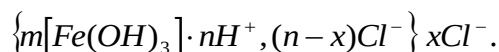


Рисунок 4.2 – Схематичне зображення міцели золю гідроксиду заліза III з позитивно зарядженою частинкою [1].

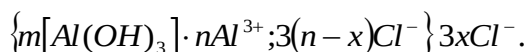
Як видно з рисунка 4.2, міцела $\text{Fe}(\text{OH})_3$ складається з ядра, утвореного молекулами $\text{Fe}(\text{OH})_3$, адсорбційно пов'язаних з ним потенціалотворюючих водневих іонів ($n\text{H}^+$) і деякої кількості іонів хлору $[(n - x)\text{Cl}^-]$, меншої, ніж кількість іонів H^+ , в результаті чого колоїдна частинка має позитивний заряд. Іони H^+ і протиіони Cl^- , що входять в склад частинки, утворюють подвійний електричний шар. Окремі іони хлору ($x\text{Cl}^-$) утворюють дифузійний шар і разом з колоїдною частинкою складають міцелу золя:



В залежності від умов утворення золю потенціалотворюючі іони і протиіони можуть обмінюватися місцями.

Золь $\text{Al}(\text{OH})_3$, що утворюється при гідролізі солей алюмінію, заряджений позитивно при низьких значеннях рН води і негативно – при високих. Поверхня колоїдної частинки золю набуває заряд в результаті декількох можли-

вих процесів: в лужному середовищі кристалічна решітка частинки добується гідроксильними іонами, що знаходяться в воді, набуваючи негативний заряд; в нейтральному і кислому середовищах – позитивний заряд, який виникає за рахунок адсорбції решіткою іонів Al^{3+} . Формула міцели золю $Al(OH)_3$, що утворюється при гідролізі $AlCl_3$ в нейтральному середовищі:



При гідролізі розчинів $Al_2(SO_4)_3$ потенціалутворюючими іонами і протиіонами будуть відповідно іони Al^{3+} і SO_4^{3-} .

Відомо, що колоїдні частинки знаходяться в постійному русі. При цьому частина розчину, що оточує частинку, захоплюється і рухається разом з нею у вигляді тонкої плівки. На рисунку 4.1, б лінія ОО представляє поверхню колоїдної частинки, безпосередньо біля якої розташовані позитивні іони подвійного шару, а далі іони дифузійного шару, обмежені на рисунку лінією CD, і являються границею електронеutralного комплексу міцели. При русі колоїдна частинка в електричному полі захоплює частину розчину, зображену на рисунку лінією АВ, а частина іонів дифузійного шару, розташованих між лініями АВ і CD, відривається від частинки. При цьому вона стає негативно зарядженою, а оточуючий її розчин набуває позитивний заряд. Стрибок потенціалу, що виникає при цьому між частиною рідини, захопленою колоїдною частинкою, і іншим розчином, називається електрокінетичним чи ξ – потенціалом.

ξ – Потенціал змінюється при додаванні до колоїдних систем електролітів. Для негативно заряджених частинок ξ – потенціал залежить від величини заряду катіонів електроліту, а для позитивно заряджених частинок – від величини заряду катіонів.

При додаванні електролітів концентрація іонів в дифузійному шарі збільшується, і для компенсації зарядів на поверхні частинок необхідно менший об'єм дифузійного шару (тобто відбувається як би його стиснення) Сти-

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

снення може дійти до такої межі, що дифузійний шар не буде виходити за межі лінії, що обмежує поверхню ковзання колоїдної частинки при її русі (рисунок 4.1, б, лінія АВ). Коли дифузійний шар стиснеться до розміру, обмеженого лінією АВ, ξ – потенціал стане рівним нулю. В цей момент колоїдні частинки будуть знаходитися в ізоелектричному стані – стан золі, при якому колоїдні частинки не мають електричного заряду. В результаті усуваються причини, що перешкоджають їх зближенню, колоїдні частинки, зближуючись, утворюють порівняно крупні агрегати, які починають осаджуватись.

При додаванні електроліту до коагуляційного колоїду можна замітити, що коагуляція починається не в ізоелектричній точці, а при значенні потенціалу близько 0,03 В (значення ξ – потенціалу для більшості колоїдів зазвичай складає 0,07 В). Це значення потенціалу являється мірою стійкості колоїдних систем і називається критичним; з його зменшенням стійкість колоїдної системи знижується.

Так відбувається коагуляція гідрофобних золь, зумовлена адсорбцією іонів і створенням подвійного електричного шару на поверхні колоїдної частинки. Їх стійкість в розчині визначається гідратацією іонів і впливом зарядів поверхні на орієнтовану адсорбцію дипольних молекул води. Ці гідратні шари повністю залежать від іонних взаємодій і при електролітній коагуляції не перешкоджають злипанню частинок.

Зовсім інший характер стійкості мають гідрофільні золі, природа поверхні частинок яких обумовлює утворення молекулярних сольватних шарів при участі вандервальсових, водних і комплексних зв'язків, незалежно від дії розчинів електролітів невеликих концентрацій [1].

При очищенні води коагуляція колоїдів протікає під впливом складної суміші електролітів, що знаходяться в воді, і під впливом іонів, внесених в воду разом з коагулянтном. Так, у випадку застосування $Al_2(SO_4)_3$, в воду вноситься значна кількість іонів SO_4^{3-} . Якщо в якості коагулянту застосовується $FeCl_3$, у воді підвищується вміст іонів Cl^- . Наявність суміші електролітів

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ускладнює коагуляцію, оскільки при цьому ефекти впливу окремих коагуляційних іонів посилюється чи послаблюється.

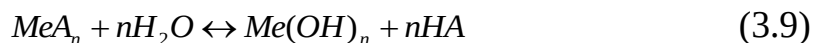
Коагуляція колоїдів викликана не тільки електролітами, але і взаємодією протилежно заряджених колоїдів, що настає при адсорбції одного колоїду поверхнею іншого. Цей процес грає деяку роль при освітленні води методом коагуляції. Необхідною умовою взаємної коагуляції є рівність протилежних зарядів частинок золь. При не виконанні цієї умови коагуляція протікає або не повністю, або зовсім не настає, незалежно від кількості доданого коагулянту. Таким чином, взаємна коагуляція колоїдів може протікати лише у вузькій зоні співвідношення їх концентрацій [1].

4.3 Гідроліз коагулянту

Коагулянти, що використовуються в технології очищення води, які зазвичай являються солями слабких основ і сильних кислот, при розчиненні у воді гідролізують. Взаємодіючи з сильними гідроксильними іонами, що містяться в воді, в результаті електролітичної дисоціації останньої, ці солі утворюють малорозчинні основи. В воді накопичуються іони водню і розчин набуває кислу реакцію.

Повнота гідролізу має важливе значення для самої коагуляції якості очищеної води, оскільки наявність іонів алюмінію в очищеній воді не допускається.

Гідроліз солі слабкої основи і сильної кислоти перебігає за рівнянням:



або в іонній формі:



де Me^{n+} – катіон, A^- – аніон солі.

Швидкість гідролізу можна описати рівнянням 3.3:

$$V = k \cdot [Me^{n+}] \cdot [H_2O] \quad (3.11)$$

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де V – швидкість гідролізу; k – константа гідролізу; $[Me^{n+}]$ – концентрація катіонів в розчині коагулянту; $[H_2O]$ – концентрація води в розчині.

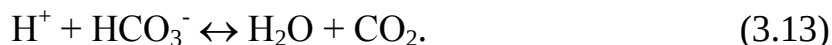
Із рівняння 3.11 випливає, що швидкість гідролізу пропорційна концентрації катіонів коагулянту. Оскільки застосовані концентрації розчинів коагулянту незначні, можна вважати, що швидкість гідролізу коагулянту прямо пропорційна його концентрації (чи його дозі), введеної в воду. З підвищенням температури на кожні 10 градусів швидкість гідролізу, як і більшості хімічних реакцій, зростає приблизно в 2 – 4 рази (правило Вант-Гоффа).

Константу гідролізу можна обчислити за рівнянням 3.12:

$$k = \frac{[Me(OH)_n] \cdot [H^+]^n}{[Me^{n+}]} = k \cdot [H_2O]^n. \quad (3.12)$$

Необхідною умовою для більш повного протікання гідролізу є видалення зі сфери реакції $Al(OH)_3$ і $Fe(OH)_3$, а також зв'язування іонів H^+ в малодисоційовані молекули. Гідроліз посилюється з розведенням коагулянту.

Згідно рівняння 3.12, зі збільшенням степені гідролізу рН розчину повинне зменшуватись. Будь-яке підвищення рН розчину забезпечує повний гідроліз введеного в воду коагулянту. Для швидкого і повного гідролізу коагулянту необхідний деякий лужний резерв води, тобто наявність в ній певної кількості іонів HCO_3^- , які зв'язують іони водню, що виділяються при гідролізі:



Завдяки наявності в воді буферної системи $HCO_3^- - H_2CO_3$ з рН, близьким до 7, рН води при гідролізі коагулянту в більшості випадків незначно змінюється [1].

3.4 Оптимальні умови і інтенсифікація процесу коагуляції

Утворені в процесі гідролізу коагулянту гідроксиди алюмінію і заліза характеризуються дуже малою розчинністю. Оцінювати вплив іонів, що знаходяться в розчині, на процес їх осадження для малорозчинних речовин мо-

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

жна за величиною добутку розчинності ДР. При постійній температурі величина ДР не змінюється. Для $\text{Al}(\text{OH})_3$ і $\text{Fe}(\text{OH})_3$ добуток розчинності при 25 °С відповідно дорівнює [8]:

$$ДР_{\text{Al}(\text{OH})_3} = [\text{Al}^{3+}] \cdot [\text{OH}^-]^3 = 1,9 \cdot 10^{-33};$$

$$ДР_{\text{Fe}(\text{OH})_3} = [\text{Fe}^{3+}] \cdot [\text{OH}^-]^3 = 3,8 \cdot 10^{-38}.$$

Склад сульфату алюмінію в залежності від рН середовища значно змінюється. При рН 7,5 разом з $\text{Al}(\text{OH})_3$ присутні і його основні солі, які також характеризуються малою розчинністю. Якщо вміст сполук алюмінію в воді після відстоювання і фільтрування перевищує розчинність його сполук, утворених при даних значеннях рН, вода перенасичена і в трубах можливе утворення відкладень.

Розчинність $\text{Al}(\text{OH})_3$ зменшується при підвищенні температури і зниженні рН води. При рН < 4,5 гідроліз сульфату алюмінію не закінчується утворенням гідроксиду, оскільки утворюються розчинні основні солі. При рН > 8,5 амфотерний гідроксид алюмінію розчиняється внаслідок утворення алюмінатів.

Зі збільшенням дози солі, що гідролізує, швидкість утворення пластівців і осадження $\text{Al}(\text{OH})_3$ і $\text{Fe}(\text{OH})_3$ збільшується. Сприяє цьому процесу також підвищення температури і перемішування. При низьких температурах в зимовий період очищення води сульфатом алюмінію протікає не задовільно: процеси утворення пластівців і осадження сповільнюються, пластівці утворюються дуже дрібні, в очищеній воді з'являються помітні кількості залишкового алюмінію. Це пояснюється зміною в'язкості води. Згідно літературним даним, в'язкість води при 1 °С приблизно в 2 рази більша, ніж при 30 °С. В стільки ж разів сповільнюється і швидкість осадження завислих в ній частинок, оскільки за законом Стокса вказані величини обернено пропорційні один одному.

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Попереднє очищення води окисниками підвищує ефективність коагуляції. Це пояснюється тим, що окисники руйнують гідрофільні органічні сполуки, стабілізуючі дисперсні домішки води, і полегшують умови перебігу коагуляції. Особливо ефективно використовувати окисники для обробки кольорових вод. При цьому пришвидшується освітлення води і збільшиться гідравлічна крупність пластівців зкоагульованої зависі.

Скорочення тривалості коагуляції при низькій температурі води і зниження оптимальної дози коагулянту можливо досягнути введенням замутнювачів. При штучному замутненні води значну роль виконує степінь дисперсності частинок, що вводяться. Особливо пришвидшується процес коагуляції, якщо розмір частинок не перевищує 3 мкм. В цьому випадку вдається збільшити швидкість процесу утворення пластівців на 30 – 50 %.

Введення шламу дозволить економити 25 – 30 % коагулянту. Ефективний вплив шламу пояснюється тим, що при низьких температурах він представляє собою уже готові крупні частинки такої ж будови, що і гідроксид, що виділяється. Таким чином, час, необхідний для формування міцелярних агрегатів, скорочується. При цьому пришвидшується процес утворення пластівців, збільшуються розміри пластівців, швидше проходить їх осадження, в відповідно, інтенсивніше освітлюється вода [1].

3.5 Фізико-хімічні основи процесу механічного фільтрування

При фільтруванні води тверді частинки затримуються на поверхні і в товщі фільтруючого матеріалу. У результаті фільтрування відбувається освітлення води. Якщо застосовується попередня коагуляція в освітлювачі, у якому затримується основна маса суспензії, і на фільтри надходить вода, що містить дрібні завислі частинки, фільтрування йде не на поверхні, а в товщі фільтруючого шару. При такому процесі повніше використовується товща зернистого завантаження фільтру і забезпечується високий ступінь освітлення.

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

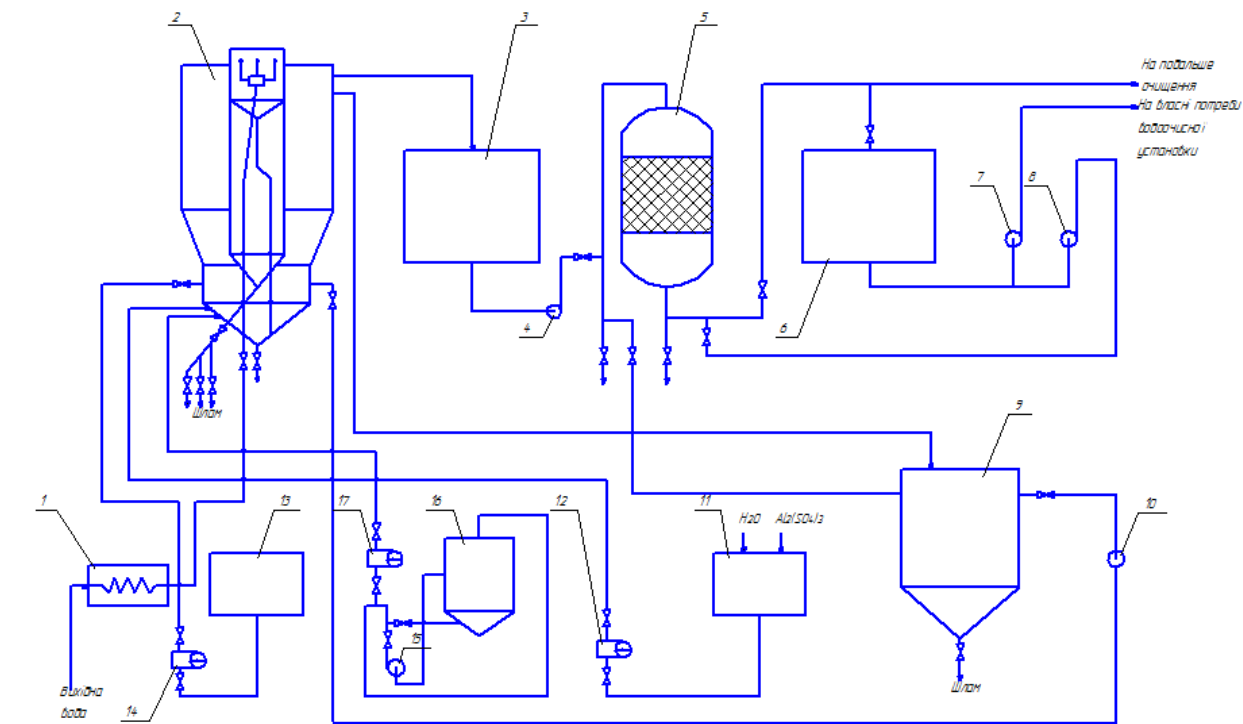
На основі результатів вивчення фізичної природи, механізму і закономірностей процесу освітлення води, при русі її через зернисті завантаження освітлювальних фільтрів встановлено, що процес фільтрування має фізико-хімічну природу, а ефект освітлення води при фільтруванні пояснюється прилипанням завислих частинок до зерен фільтруючого шару і раніше прилиплим частинкам під дією молекулярних сил притягання. За своєю фізичною сутністю процес взаємодії і злипання різнорідних частинок, що значно розрізняються своїми розмірами, є коагуляційним, причому стійкість і прилипання дрібних частинок до великих значно вище, ніж інтенсивність взаємного злипання дрібних частинок, тому що імовірність попадання дрібної частинки у сферу притягання великої значно більше, ніж імовірність зіткнення дрібних частинок. Явище прилипання дрібних частинок, що містяться у воді, до поверхні зерен фільтруючого матеріалу одержало назву контактної коагуляції.

Разом з водою у фільтри надходять дрібні пластівці, що не встигли осісти в освітлювачах. При фільтруванні ці пластівці прилипають до зерен фільтруючого матеріалу й вода освітлюється. Основним фактором, що визначає ефект освітлення води фільтрами, є не співвідношення розмірів частинок, що надходять на фільтр, і пор у фільтруючому шарі, як це передбачалося раніше, а здатність частинок прилипати до поверхні зерен, завантажених у фільтри, що є результатом хімічної обробки води коагулянтном [4].

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА

Технологічна схема відділення очищення води для потреб районної котельні методом коагуляції з вапнуванням і подальшим фільтруванням на механічних фільтрах наведена на рисунку 4.1.



1 – теплообмінник для підігріву води до 30 °С; 2 – освітлювач; 3 – бак вапнованої води; 4 – насос вапнованої води; 5 – механічний фільтр; 6 – бак освітленої води; 7 – насос освітленої води для власних потреб водоочисної установки; 8 – насос освітленої води для розпушуючого промивання фільтрів; 9 – бак регенеративних вод від розпушуючого промивання механічних фільтрів; 10 – насос регенеративних вод; 11 – витратний бак розчину коагулянту; 12 – насос-дозатор розчину коагулянту; 13 – витратний бак 0,1 - %-го розчину ПАА; 14 – насос-дозатор розчину ПАА; 15 – насос вапняного молока; 16 – гідравлічна циркуляційна мішалка вапняного молока; 17 - насос-дозатор вапняного молока

Рисунок 4.1 – Технологічна схема відділення очищення води для потреб районної котельні.

Вихідна вода підігрівається в теплообміннику (поз. 1) до 30 °С. Відхилення температури від заданої більше ніж на 1°С за годину призводить до виникнення конвективних потоків в освітлювачі, що спричинює зниження ефективності очищення води.

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підігріта вода надходить в верхню частину освітлювача (поз. 2), де відокремлюється від повітря і по опускній трубі через тангенціально направлений сопловий пристрій надходить до нижньої частини освітлювача – змішувач.

Введення реагентів у змішувач виконується в наступній послідовності: вапняне молоко $\text{Ca}(\text{OH})_2$ вводиться вище входу води, а розчин коагулянту – вище вапняного молока. Така послідовність вводу реагентів зумовлена технологічними умовами взаємодії води та реагентів. В процесі перемішування в змішувачі освітлювача реагенти взаємодіють з домішками, що вносяться водою, в результаті чого утворюється тверда фаза – шлам. Потім потік води підіймається вгору, проходить через систему для зменшення обертового руху та надходить до циліндричної частини освітлювача. На певній висоті цієї зони формується завислий шар пластівців коагулянту для відведення якого передбачено виносні шламоприймальні вікна, через які шлам надходить в шлагоущільнювач. Ущільнений шар пластівців виводиться з освітлювача, а прояснена вода направляється в розподільний пристрій. Основний потік проясненої води проходить через завислий шар пластівців, збирається кільцевим жолобом і потім направляється до розподільного пристрою, після якого надходить до проміжного баку. Частина грубодисперсних речовин, що потрапили разом з вихідною водою, а також крупні агрегати утвореного осаду осаджуються в нижній частині змішувача.

Внаслідок збільшення поперечного перетину конічної частини апарату швидкість потоку води, що підіймається, поступово зменшується; вона мінімальна на виході з зони, через яку проходить більша частина води, поданої до освітлювача.

Після обробки в освітлювачі вода самопливом надходить в бак вапняної води (поз. 3). Бак вапняної води – це стальна ємність, на внутрішній поверхні якої нанесено антикорозійне гумове покриття. Бак обладнано тру-

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

бопроводами, що підводять та відводять воду, трубопроводами переливу та дренажу.

З баку вода насосом (поз. 4) подається на механічні фільтри (поз. 5). Насос вапнованої води призначено для перекачування пом'якшеної води через механічні фільтри та подачі пом'якшеної води на власні потреби хімічного водоочищення. Механічні фільтри призначені для видалення з води грубо- та дрібнодисперсних домішок шляхом пропускання її через інертні, зернисті фільтруючі матеріали (антрацит). Тиск на вході до механічного фільтру 0,6 МПа, перепад тиску в механічному фільтрі 0,06 МПа.

Після механічних фільтрів вода надходить на подальшу обробку. Частина води направляється в бак освітленої води (поз. 6), звідки насосом (поз. 7) відбирається частково на власні потреби установки очищення води, а частина її насосом розпушуючої промивки (поз. 8) подається по необхідності на розпушуючу промивку механічних фільтрів.

Промивна вода після промивки освітлювальних фільтрів направляється в бак регенеративних вод від розпушуючої промивки механічних фільтрів (поз.9). Цей бак призначено для збирання промивних вод освітлювачів, механічних фільтрів, а також відстоювання шламу. Шлам видаляється на шламовідвал або на подальшу переробку. Вода, що відстоялася, насосом регенеративних вод (поз. 10) перекачується в освітлювач.

Попередньо приготовлений робочий концентрований розчин коагулянту подається в освітлювач насосом-дозатором розчину коагулянту (поз. 12). Витратний бак розчину коагулянту (поз. 11) призначено для коректування концентрації (розбавлення водою) та створення запасу робочого розчину коагулянту. Бак розчину коагулянту являє собою стальну посудину, внутрішня поверхня якої захищена антикорозійним гумовим покриттям.

Вапняне молоко (з концентрацією 5 %) подається в освітлювач насосом-дозатором вапняного молока (поз. 17). Вапняне молоко надходить з циркуляційної мішалки вапняного молока (поз. 16), що являє собою

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

циліндричну стальну ємність. Мішалка вапняного молока призначена для приготування розчину вапняного молока робочої концентрації, створення запасу вапняного молока, а також перемішування вапняного молока, що перешкоджає осадженню суспензії. Температура розчину в мішалці вапняного молока така ж як і температура розчину коагулянту – 30 °С, рН середовища – 10÷11, тоді як в баку розчину коагулянту рН становить 2÷3. Після мішалки вапняного молока встановлено насос вапняного молока (поз. 15) для забезпечення циркуляції вапняного молока та запобігання осадження суспензії.

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

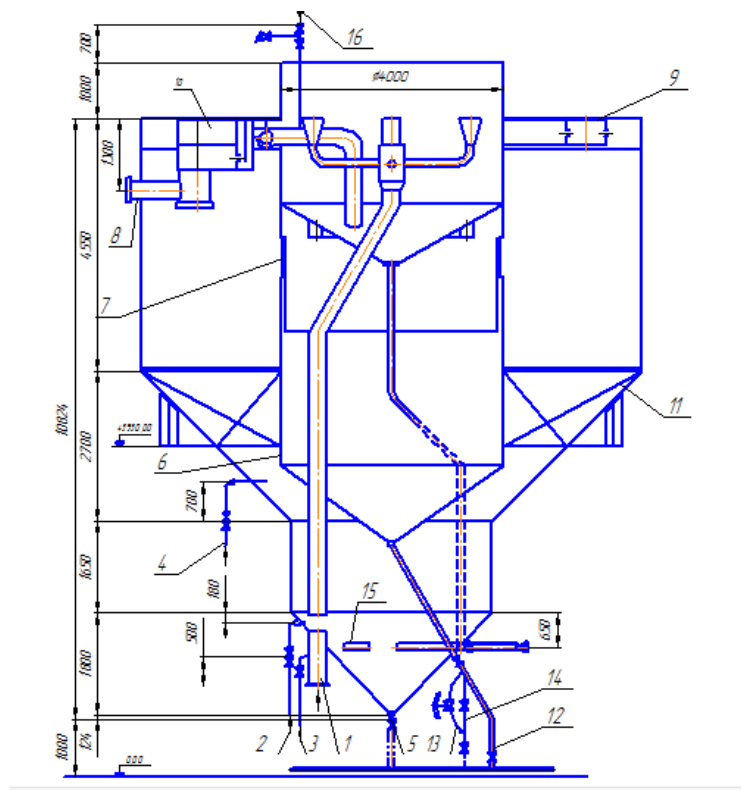
5 ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНОГО АПАРАТУ

5.1 Розрахунок та вибір освітлювача

Продуктивність установки без урахування витрати води на власні потреби освітлювача і механічних фільтрів складає: $Q = 450 \frac{M^3}{год}$.

Для забезпечення заданої продуктивності слід встановити два освітлювача ВТІ-250і, продуктивністю по $250 \frac{M^3}{год}$, і один резервний.

Схема освітлювача ВТІ-250і наведена на рисунку 5.1.



1 – подача вхідної води; 2 – підведення вапняного молока; 3 – підведення розчину коагулянту; 4 – підведення розчину флокулянту; 5 – дренаж освітлювача; 6 - шламоушільнювач; 7 – шламоприймальні вікна; 8 – вихід освітленої води; 9 – збірний жолоб над решіткою; 10 – збірний карман; 11 – вертикальні перегородки; 12 – дренаж шламоушільнювача; 13 – продувка (ручне управління); 14 – продувка (автоматичне управління); 15 – повернення регенераційних вод; 16 – підведення води для промивання

Рисунок 5.1 – Схема освітлювача ВТІ-250і.

Параметри обраного типу освітлювача наведено в таблиці 5.1.

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1 – Параметри освітлювача марки ВТІ-250і [3]

Параметр	Одиниця виміру	Значення
Продуктивність	м ³ /год	250
Максимальна пропускна здатність	м ³ /год	310
Геометричний об'єм	м ³	413
Діаметр	мм	9000
Висота (установчий габарит)	мм	13524
Маса конструкції	т	32,6
Маса завантаження	т	480

Принцип роботи освітлювача наступний. В освітлювач (рисунок 5.1) подається вхідна вода через трубопровід (поз. 1), яка далі проходить відділювач повітря, по розподільчим трубам поступає в нижню частину освітлювача через тангенсійно розташовані сопла.

Розчини вапняного молока, коагулянту і флокулянту через радіально розташовані трубопроводи (поз. 2, 3 і 4) дозуються в нижню частину освітлювача – камеру змішувач. При цьому розчин вапняного молока вводиться вище, ніж вхідна вода, розчин коагулянту трохи вище вапняного молока, а розчин флокулянту ще вище, в найбільш верхню частину освітлювача.

Завдяки різному напрямку руху при вході в змішувач (тангенсійний для води і радіальний для розчинів реагентів) реагенти добре змішуються з водою, тут же відбувається хімічна взаємодія реагентів з розчиненими в воді домішками. При виході води з змішувача уже починається виділення продуктів взаємодії у вигляді пластівців. Обертальний рух води гаситься вертикальною перегородкою (поз. 11). Процес укрупнення і затримання пластівців відбувається протягом всього шляху висхідного руху води через товщу контактної середовища, яке утворює виділений шлам, що підтримується висхідним потоком води в завислому стані.

Верхня границя завислого шару, що утворює в освітлювачі контактне середовище, повинна знаходитись на рівні верхньої кромки шламоприймальних вікон (поз. 7) шламоуцільнювача (поз. 6). Надлишок шламу безперервно по-

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

винен видалятися, для цього приблизно 20 % загальної витрати води відводиться із контактної зони в шламоущільнювач.

Після контактного середовища основний потік води проходить зону освітлення, верхню розподільчу решітку (на схемі не вказані) і зливається через отвори і щілини в збірний жолоб (поз. 9). Із жолоба вода поступає в збірний карман (поз. 10), де змішується з потоком освітленої води із шламоущільнювача і по трубопроводу (поз. 8) відводиться в бак вапнованої води.

Шлам осідає в нижній частині освітлювача і по трубопроводам (поз. 13 і 14) видаляється при продувці (періодичній і безперервній). Для випорожнення шламоущільнювача передбачено трубопровід (поз. 12).

Далі проведено розрахунки складу вихідної води і кількості утвореного шламу. Прийнято дозу коагулянту $D_K = 0,7 \frac{\text{ммоль}}{\text{дм}^3}$, дозу ПАА $D_{\text{ПАА}} = 1 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}$, залишкову лужність не менше $L_{\text{зал.}} = 0,7 \frac{\text{ммоль}}{\text{дм}^3}$.

Дозу вапна визначають із рівняння [9]:

$$D_B = [CO_2]_{B.B.} + [HCO_3^-]_{B.B.} - [HCO_3^-]_{\text{зал.}} + D_K;$$

де $[CO_2]_{B.B.} = \frac{CO_{2B.B.}}{E_{CO_2}}$; $CO_{2B.B.}$ – вміст вільної вуглекислоти у вихідній воді,

$\frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}$; E_{CO_2} – молярна маса CO_2 , $\frac{\text{мг}}{\text{ммоль}}$; D_K – доза коагулянту, $\frac{\text{ммоль}}{\text{дм}^3}$;

$$D_B = 0,95 + 2,63 - 0,7 + 0,7 = 3,58 \frac{\text{ммоль}}{\text{дм}^3}.$$

Вапном осаджується HCO_3^- у кількості:

$$[HCO_3^-]_{\text{осадж.}} = [HCO_3^-]_{B.B.} - [HCO_3^-]_{\text{зал.}};$$

$$[HCO_3^-]_{\text{осадж.}} = 2,63 - 0,7 = 1,93 \frac{\text{ммоль}}{\text{дм}^3}.$$

У першу чергу з катіонів осаджується Ca^{2+} . При прийнятому дозуванні вапна кількість кальцію в оброблюваній воді дорівнює кількості кальцію у вихідній воді плюс внесене з вапном:

$$[Ca^{2+}]_{\text{вап.в.}} = [Ca^{2+}]_{B.B.} + D_B;$$

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$[Ca^{2+}]_{\text{ВАП.В.}} = 5,75 + 3,58 = 9,33 \frac{\text{ммоль}}{\text{дм}^3}.$$

Кальцій осаджується у вигляді $CaCO_3$, зв'язуючись з іонами HCO_3^- у кількості $1,93 \frac{\text{ммоль}}{\text{дм}^3}$.

Залишковий вміст кальцію у вапнованій воді:

$$[Ca^{2+}]_{\text{ЗАЛ.}} = [Ca^{2+}]_{\text{ВАП.В.}} - [HCO_3^-]_{\text{ОСАДЖ.}};$$

$$[Ca^{2+}]_{\text{ЗАЛ.}} = 9,33 - 1,93 = 7,40 \frac{\text{ммоль}}{\text{дм}^3}.$$

Вміст Na^+ і Mg^{2+} залишається незмінним.

Вміст сульфатів збільшується за рахунок дозування коагулянту:

$$[SO_4^-]_{\text{ВАП.В.}} = [SO_4^-]_{\text{В.В.}} + D_K;$$

$$[SO_4^-]_{\text{ВАП.В.}} = 3,29 + 0,7 = 3,99 \frac{\text{ммоль}}{\text{дм}^3}.$$

Вміст хлоридів у воді не змінюється.

Кількість шламу, що утвориться при вапнуванні з коагуляцією, визначається за рівнянням:

$$Q_{\text{Ш.}} = C_{\text{ЗВ.Р.}} + 50 \cdot (Ж_{Ca}^B + D_{B.}) + 56 \cdot \alpha_{\text{Д.}} \cdot D_{B.} + 78 \cdot D_K;$$

де $C_{\text{ЗВ.Р.}}$ – кількість завислих речовин у вихідній воді, $\frac{\text{г}}{\text{м}^3}$; $\alpha_{\text{Д.}}$ – кількість домішок у вапняному молоці, що дозується (20–50%), частки од;

$$Q_{\text{Ш.}} = 141 + 50 \cdot (5,75 + 3,58) + 56 \cdot 0,5 \cdot 3,58 + 78 \cdot 0,7 = 863,11 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}.$$

Величина продукції освітлювача визначається за формулою:

$$P = \frac{(Q_{\text{Ш.}} - C_{\text{ЗВ.Р.}}^{\text{ЗАЛ.}}) \cdot 100}{1000 \cdot \delta_{\text{СР}}};$$

де $C_{\text{ЗВ.Р.}}^{\text{ЗАЛ.}}$ – залишковий вміст завислих речовин у воді після освітлювача,

$\frac{\text{г}}{\text{м}^3}$; $\delta_{\text{СР}}$ – середня концентрація зважених речовин, $\frac{\text{г}}{\text{дм}^3}$;

$$P = \frac{(863,11 - 10) \cdot 100}{1000 \cdot 27} = 3,16\%.$$

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, із продувкою видаляється наступна кількість води:

$$V_{H_2O}^{ПРОД.} = \frac{Q \cdot 1,1 \cdot P}{100};$$

$$V_{H_2O}^{ПРОД.} = \frac{450 \cdot 1,1 \cdot 3,16}{100} = 15,64 \frac{м^3}{год}.$$

5.2 Розрахунок витрати вапна у вигляді $Ca(OH)_2$

Витрата вапна у вигляді $Ca(OH)_2$ визначається за формулою:

$$Q_{B.}^{ДОБ.} = \frac{24 \cdot 28,04 \cdot Q \cdot 1,1 \cdot D_B}{1000};$$

$$Q_{B.}^{ДОБ.} = \frac{24 \cdot 28,04 \cdot 450 \cdot 1,1 \cdot 3,16}{1000} = 1052,5 \frac{кг}{добу}.$$

Витрата вапняного молока на добу визначається:

$$V_{B.}^{ДОБ.} = \frac{Q_{B.}^{ДОБ.} \cdot 100}{1000 \cdot C_{B.M.} \cdot \rho_{B.M.}};$$

де $C_{B.M.}$ – масова концентрація $Ca(OH)_2$, % ; $\rho_{B.M.}$ – густина вапняного молока, $\frac{кг}{м^3}$;

$$V_{B.}^{ДОБ.} = \frac{1052,5 \cdot 100}{5 \cdot 1040} = 20,2 \frac{м^3}{добу}.$$

Кількість води для приготування вапняного молока:

$$V_{H_2O}^{B.M.} = \frac{(V_{B.}^{ДОБ.} \cdot \rho_{B.M.} - Q_{B.}^{ДОБ.})}{24};$$

$$V_{H_2O}^{B.M.} = \frac{(20,2 \cdot 1040 - 1052,5)}{24} = 833,25 \frac{кг}{год} = 0,83 \frac{м^3}{год}.$$

Витрата 5-% вапняного молока на один освітлювач:

$$Q_{B.}^1 = \frac{V_{B.}^{ДОБ.}}{24 \cdot N};$$

де N – кількість освітлювачів, шт;

$$Q_{B.}^1 = \frac{20,2}{24 \cdot 2} = 0,42 \frac{м^3}{год}.$$

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.3 Розрахунок витрати коагулянту

Витрата коагулянту визначається за формулою:

$$Q_{K.}^{ДОБ.} = \frac{24 \cdot Q \cdot 1,1 \cdot E_K \cdot q_K}{1000};$$

де E_K – молярна маса безводного коагулянту $FeSO_4$, $\frac{мг}{ммоль}$; q_K – максимально необхідна доза коагулянту, $\frac{мг}{дм^3}$;

$$Q_{K.}^{ДОБ.} = \frac{24 \cdot 450 \cdot 1,1 \cdot 78 \cdot 0,7}{1000} = 648,65 \frac{кг}{добу}.$$

Витрата 5%-го розчину коагулянту визначається за формулою:

$$V_{K.}^{ДОБ.} = \frac{Q_{K.}^{ДОБ.} \cdot 100}{C_{K..} \cdot \rho_K};$$

де $C_{K..}$ – концентрація безводного коагулянту, %; ρ_K – густина 5%-го розчину коагулянту, $\frac{кг}{м^3}$;

$$V_{K.}^{ДОБ.} = \frac{648,65 \cdot 100}{5 \cdot 1048} = 12,38 \frac{м^3}{добу}.$$

Кількість води для приготування розчину коагулянту:

$$V_{H_2O}^{K.} = \frac{(V_{K.}^{ДОБ.} \cdot \rho_K - Q_{K.}^{ДОБ.})}{24};$$

$$V_{H_2O}^{K.} = \frac{(12,38 \cdot 1048 - 648,65)}{24} = 513,51 \frac{кг}{год} = 0,51 \frac{м^3}{год}.$$

Витрата 5%-го розчину коагулянту на один освітлювач:

$$V_{K.}^1 = \frac{V_{K.}^{ДОБ.}}{24 \cdot N};$$

$$V_{K.}^1 = \frac{12,38}{24 \cdot 2} = 0,26 \frac{м^3}{год}.$$

5.4 Розрахунок витрати флокулянту

Витрата ПАА на добу:

$$Q_{ППА.}^{ДОБ.} = \frac{24 \cdot Q \cdot 1,1 \cdot D_{ППА.}}{1000};$$

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $D_{ПА}$ – доза ПАА, $\frac{мг}{дм^3}$;

$$Q_{ПА.}^{ДОБ.} = \frac{24 \cdot 450 \cdot 1,1 \cdot 1}{1000} = 11,88 \frac{кг}{добу}.$$

Добова витрата 0,1%-вого розчину ПАА, що дозується:

$$V_{ПА.}^{ДОБ.} = \frac{Q_{ПА.}^{ДОБ.} \cdot 100}{0,1 \cdot \rho_{ПА.}};$$

$$V_{ПА.}^{ДОБ.} = \frac{11,88 \cdot 100}{0,1 \cdot 1200} = 9,90 \frac{м^3}{добу}.$$

Кількість води для приготування розчину ПАА:

$$V_{H_2O}^{ПА.} = \frac{(V_{ПА.}^{ДОБ.} \cdot \rho_{ПА.} - Q_{ПА.}^{ДОБ.})}{24};$$

$$V_{H_2O}^{ПА.} = \frac{(9,90 \cdot 1200 - 11,88)}{24} = 494,51 \frac{кг}{год} = 0,49 \frac{м^3}{год}.$$

Сумарна витрата води на власні нестатки освітлювача:

$$V_{B.H.}^{осв.} = V_{H_2O}^{ПРОД.} + V_{H_2O}^{B.M.} + V_{H_2O}^{K.} + V_{H_2O}^{ПА.};$$

$$V_{B.H.}^{осв.} = 15,64 + 0,83 + 0,51 + 0,49 = 17,48 \frac{м^3}{год}.$$

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

6.1 Розрахунок механічних фільтрів

Необхідна площа фільтрування визначається за формулою [9]:

$$F' = \frac{Q_0}{\omega};$$

де Q_0 – продуктивність фільтрів по проясненій воді з урахуванням витрати води на їхні власні нестатки, $\frac{м^3}{год}$; ω – швидкість фільтрування при нормальному режимі роботи фільтрів, $\frac{м}{год}$;

$$F' = \frac{(450 + 17,48) \cdot 1,1}{10} = 51,42 м^3.$$

Виходячи з розумінь експлуатаційної надійності, число одночасно працюючих фільтрів однакового діаметра приймається не менше трьох. Необхідна площа фільтрування кожного фільтра визначається за формулою:

$$f' = \frac{F'}{n};$$

де n – число одночасно працюючих фільтрів;

$$f' = \frac{51,42}{6} = 8,57 м^2.$$

Підбираємо площу фільтрів, що випускається серійно заводами, з округленням значення у бік збільшення ($f > f'$).

Встановлюємо шість стандартних однокамерних фільтри та один резервний площею фільтрування $f = 9,1 м^2$; діаметром $D = 3400 мм$; висотою шару $1000 мм$.

Витрата води на розпушення кожного фільтра, визначається за формулою:

$$q_{розп.} = \frac{f \cdot i \cdot t_{розп.} \cdot 60}{1000};$$

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де f – площа фільтрування кожного фільтра, $м^2$; i – інтенсивність розпушення фільтра, $\frac{м^3}{с \cdot м^2}$; $t_{розп.}$ – тривалість розпушення фільтра, $хв$;

$$q_{розп.} = \frac{9,1 \cdot 10 \cdot 5 \cdot 60}{1000} = 27,3 м^3.$$

Витрата води на відмивання фільтрів шляхом спуску в дренаж першого мутного фільтрату зі швидкістю 4 м/с протягом 10 хв визначається за формулою:

$$q_{відм.} = \frac{f \cdot \omega \cdot t_{відм.}}{60};$$

$t_{відм.}$ – тривалість відмивання фільтра, $хв$;

$$q_{відм.} = \frac{9,1 \cdot 4 \cdot 10}{60} = 6,07 м^2.$$

Годинна витрата води на власні нестатки усіх фільтрів визначається за формулою:

$$q_r = \frac{(q_{розп.} + q_{відм.}) \cdot m \cdot n}{24};$$

де m – кількість відмивань кожного фільтра на добу, приймається 1-3.

$$q_r = \frac{(27,3 + 6,07) \cdot 2 \cdot 6}{24} = 16,68 \frac{м^3}{год}.$$

Продуктивність фільтрів з урахуванням витрати води на їхні власні нестатки визначається за формулою:

$$Q_{в.н.} = Q_0 + q_r;$$

$$Q_{в.н.} = 467,48 + 16,68 = 484,16 \frac{м^3}{год}.$$

Дійсна швидкість фільтрування при роботі усіх фільтрів дорівнює:

$$\omega_n = \frac{Q_{в.н.}}{n \cdot f};$$

$$\omega_n = \frac{Q_{в.н.}}{n \cdot f} = \frac{484,16}{7 \cdot 9,1} = 7,6 \frac{м}{год}.$$

А під час вимикання одного з фільтрів на промивання:

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\omega_{n-1} = \frac{Q_{B.H.}}{(n-1) \cdot f};$$

$$\omega_{n-1} = \frac{Q_{B.H.}}{(n-1) \cdot f} = \frac{484,16}{(7-1) \cdot 9,1} = 8,9 \frac{м}{год}.$$

6.2 Розрахунок баків для приготування розчину коагулянту

Розчин коагулянту заготовлюють на 24 год. Об'єм 10%-го розчину коагулянту:

$$V_{K.}^{ДОБ.} = \frac{Q_{K.}^{ДОБ.} \cdot 100}{1000 \cdot 10 \cdot \rho_{K.}};$$

де 10 – концентрація безводного коагулянту, %; $\rho_{K.}$ – густина 10% розчину коагулянту, $\frac{кг}{м^3}$;

$$V_{K.}^{ДОБ.} = \frac{648,65 \cdot 100}{10 \cdot 1051} = 6,17 \frac{м^3}{добу}.$$

Об'єм баку для 10%-го розчину коагулянту визначають за формулою:

$$V_{B.} = V_{K.}^{ДОБ.} \cdot 1,3;$$

$$V_{B.} = V_{K.}^{ДОБ.} \cdot 1,3 = 6,17 \cdot 1,3 = 8,02 м^3.$$

Встановлюють один розчинний бак для 10%-го розчину коагулянту об'ємом 8 м³.

Об'єм баку для 5%-го розчину коагулянту визначають за формулою:

$$V_{B.} = 12,38 \cdot 1,3 = 16,09 м^3;$$

де $V_{K.}^{ДОБ.}$ – витрата 5% розчину коагулянту на добу.

Встановлено один видатковий бак для 5%-го розчину коагулянту об'ємом 16 м³ і один резервний бак об'ємом 16 м³, який може бути використаний, як розчинний, так і видатковий.

6.3 Розрахунок установки для приготування розчину Ca(OH)₂

Для приготування розчину вапняного молока необхідно встановити вапногасилку, гідроциклон і циркуляційну мішалку.

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибір вапногасилки здійснюється за кількістю сухого CaO , що необхідний для підлужування. Тому встановлено одну механічну лопатеву вапногасилку С-322, продуктивністю 1 т/год, з електродвигуном потужністю 4,5 кВт.

Вибір гідроциклону виконано по годинній витраті вапняного молока:

$$V_{B.}^{\text{ГОД.}} = \frac{V_{B.}^{\text{ДОБ.}}}{24};$$

$$V_{B.}^{\text{ГОД.}} = \frac{20,2}{24} = 0,84 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}.$$

Прийнято до установки один гідроциклон, продуктивністю $8 \text{ м}^3/\text{год}$.

Для вибору циркуляційної мішалки розрахуємо об'єм розчину Ca(OH)_2 :

$$V_{\text{Ca(OH)}_2} = Q_{B.}^1 \cdot 12 \cdot 1,3;$$

$$V_{\text{Ca(OH)}_2} = 0,42 \cdot 12 \cdot 1,3 = 6,58 \text{ м}^3.$$

Встановлюємо одну циркуляційну мішалку об'ємом 8 м^3 .

6.4 Розрахунок установки для приготування розчину флокулянту

За результатами попередніх розрахунків приймаємо установку для приготування розчину ПАА типу УРП-2М продуктивністю 12 кг/год. Встановлюємо один бак-мішалку для 1%-ного розчину ПАА, об'ємом 10 м^3 .

Встановлюємо електродвигун до мішалки типу АО2-46-2, потужністю 4 кВт, $n = 960 \text{ об/хв}$.

6.5 Розрахунок баків вапнованої і освітленої води

Об'єм вапнованої води:

$$V_{B.} = 467,48 \cdot 1,3 = 607,7 \text{ м}^3.$$

Прийнято до установки два баки вапнованої води об'ємом по 320 м^3 .

Бак освітленої води повинен забезпечити продуктивність установки в об'ємі:

$$V_{B.} = 484,16 \cdot 1,3 = 629,4 \text{ м}^3.$$

Слід встановити два баки проясненої води об'ємом по 320 м^3 .

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.6 Вибір насосного обладнання

Технологічні характеристики обраного насосного обладнання для даної технологічної схеми наведено в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Технологічні характеристики насосного обладнання [3]

Найменування	Кількість	Функціональне призначення	Тип насоса	Електродвигун
Насос-дозатор розчину коагулянту	2 + 1р.	Дозування робочого розчину коагулянту в освітлювач	НД400/16 Q = 0,4 м ³ /год H = 160 м.в.ст.	БАО-21-4 N = 1,1 кВт n = 1500
Насос-дозатор розчину вапняного молока	2 + 1р.	Дозування робочого розчину вапняного молока в освітлювач	НД630/10 Q = 0,63 м ³ /год H = 100 м.в.ст.	БАО-21-4 N = 1,1 кВт n = 1500
Насос-дозатор розчину флокулянту	2 + 1р.	Дозування робочого розчину флокулянту в освітлювач	НД1000/10 Q = 1,0 м ³ /год H = 100 м.в.ст.	ВЛО-31-4 N = 2,2 кВт n = 1500
Насос вапняного молока	1 + 1р.	Для перемішування і подачі із мішалок на всмоктування насосів-дозаторів	СМ 100-65-250/4 Q=10÷60 м ³ /год H= 24÷18 м.в.ст.	4АМ 132S4 N=7,5 кВт n=1450 об/хв
Насос вапненої води	1 + 1р.	Для перекачування води з баку на механічні фільтри	ІР4Р Q = 450 м ³ /год H = 43 м	ІЕС 6034-1 N = 7,5 кВт n = 1450 об/хв
Насос освітленої води	1 + 1р.	Для перекачування води з баків на подальше очищення		
Насос регенеративних вод	1 + 1р.	Для подачі води з баку регенеративних вод в освітлювач	К65-50-160 Q=25м ³ /год H=32 м.в.ст.	4АМ 100L2 N=5,5 кВт n=3000 об/хв

7 АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА

У хімічній промисловості питанням автоматизації приділяється особлива увага. Це пояснюється складністю та великою швидкістю протікання технологічних процесів, високою чутливістю їх до порушення режиму, швидкістю умов роботи, вибухонебезпечністю та пожежонебезпекою речовин, що переробляють тощо.

Автоматичні контроль та керування технологічними процесами забезпечують високу якість продукції, раціональне використання сировини, реагентів та енергії, подовження термінів міжремонтного періоду роботи устаткування, зменшення чисельності технічного персоналу [10].

7.1 Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації та обґрунтування задач автоматизації

На підставі аналізу особливостей технологічного процесу попереднього очищення води, його апаратурного оформлення та норм технологічного режиму необхідно забезпечити такий рівень автоматизації виробництва:

- контроль та сигналізацію температури води у трубопроводі 1вх (30 °С);
- контроль і регулювання витрати у трубопроводі 1вх (250 м³/год) і трубопроводі 1о (250 м³/год);
- контроль та сигналізацію рівня в освітлювачі 1 (10...12 м), баках вапнянової і освітленої вод 2 і 6 (8,4 м), баку регенераційної води 10 (8,4 м), механічному фільтрі 4 (3 м), витратному баку розчину ПАА 13 (2,8 м), циркуляційній мішалці вапняного молока 16 (2,8 м) і витратному баку розчину коагулянту 18 (4,2 м);
- контроль та сигналізацію зміну тиску в механічному фільтрі 4 (0,006 МПа);

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– контроль значення мутності води в механічному фільтрі 4 (10 мг/дм³).

Параметри контролю та регулювання наведено в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Параметри контролю та регулювання виробництвом

№ п/п	Назва стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра	Назва контрольного або регульованого параметра	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до рівня автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
1	2	3	4	5
1	Трубопровід 1о	Температура	≥ 30 °С	контроль, сигналізація
2	Трубопровід 1о	Витрата	250 м ³ /год	контроль, регулювання
3	Трубопровід 1вх	Витрата	250 м ³ /год	контроль, регулювання
4	Освітлювач	Рівень	10...12 м	контроль, сигналізація
5	Бак вапнованої води 2	Рівень	8,4 м	контроль, сигналізація
6	Бак освітленої води 6	Рівень	8,4 м	контроль, сигналізація
7	Бак регенеративних вод	Рівень	8,4 м	контроль, сигналізація
8	Витратний бак розчину ПАА	Рівень	2,8 м	контроль, сигналізація
9	Циркуляційна мішалка вапняного молока	Рівень	2,8 м	контроль, сигналізація
10	Витратний бак розчину коагулянту	Рівень	4,2 м	контроль, сигналізація
11	Механічний фільтр	Рівень	3 м	контроль, сигналізація
12	Механічний фільтр	Зміна тиску	0,006 МПа	контроль, сигналізація
13	Механічний фільтр	Мутність	10 мг/дм ³	контроль

7.2 Опис розробленої схеми автоматизації

Для забезпечення нормальної роботи усього технологічного устаткування, збільшення продуктивності виробництва, підвищення якості продукту, стабілізації, контролю та реєстрації технологічних параметрів, а також мінімізації можливих помилок технологічного персоналу розроблено схему автоматизації, що призначена вирішувати всі ці завдання. Схема автоматизації включає низку контурів автоматичного контролю та регулювання режимних параметрів технологічного процесу.

Для контролю і сигналізації температури води у трубопроводі 1о розроблено контур 1, що складається з первинного вимірювального перетворювача температури (поз. 1-1), вторинного показувального і реєструвального приладу з пристроєм сигналізації (поз. 1-2).

Контроль та регулювання витрати води у трубопроводі 1вх забезпечує контур 2, у трубопроводі 1о – контур 5, які мають у своєму складі первинний перетворювач витрати (поз. 2-2, 5-2), проміжний перетворювач (поз. 2-3, 5-3), вторинний показувальний і реєструвальний прилад (поз. 2-3, 5-3), регульований блок (поз. 2-4, 5-4), пускач магнітний безконтактний реверсивний (МП1, МП2), кнопка запобіжного вимикання (SA1, SA2) і виконавчий механізм (поз. 2-5, 5-5).

Контроль та сигналізацію рівня води у освітлювачі здійснює контур 4, у механічному фільтрі 4 – контур 9, у баку регенераційної води – контур 17, у витратному баку розчину ПАА 13 – контур 18, у циркуляційній мішалці вапняного молока 16 – контур 19, у витратному баку розчину коагулянту 18 – контур 20, які мають у своєму складі первинний вимірювальний перетворювач акустичного рівнеміра (поз. 4-1, 9-1, 17-1, 18-1, 19-1, 20-1), проміжний вимірювальний перетворювач акустичного рівнеміра (поз. 4-2, 9-2, 17-2, 18-2, 19-2, 20-2), вторинний показувальний і реєструвальний прилад вузькопрофільний з пристроєм сигналізації (4-3, 9-3, 17-3, 18-3, 19-3, 20-3).

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Контроль та сигналізацію рівня води у баках вапнованої і освітленої вод 2 і 6 забезпечують контури 7 і 13, що містять у своєму складі пневматичний передавальний перетворювач (поз. 7-1, 13-1), пневмoeлектричний перетворювач (поз. 7-2, 13-2), вторинний показувальний і реєструвальний прилад з пристроєм сигналізації (поз. 4-2, 13-1, 17-1).

Для контролю та сигналізації зміну тиску на механічному фільтрі розроблено контур 10, що складається з вимірювального перетворювача (поз. 10-1), вторинного показувального і реєструвального приладу з пристроєм сигналізації (10-2).

Контур 11 застосовують для контролю значення мутності води на виході механічного фільтра. Він містить первинний аналізатор каламутності води (поз. 11-1), блок вимірювальний аналізатора (поз. 11-2), вторинний показувальний і реєструвальний приладу (поз. 11-3).

Висновки щодо поставлених задач автоматизації:

У цьому розділі пояснювальної записки розроблено схему автоматизації процесу очищення води для потреб районної котельні.

Представлена схема автоматизації технологічного процесу дає можливість контролювати витрату води, що подається в освітлювачі і механічні фільтри; температуру вихідної води, що подається в освітлювачі; рівень води в баках освітленої і регенеративної вод, витратних баках розчинів коагулянту і ПАА, циркуляційній мішалці вапняного молока; зміну тиску в механічному фільтрі і мутність води на виході з фільтра.

Специфікація на використані технічні засоби автоматизації наведена в додатку А.

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8 ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ

Надійна і економічна робота котлової установки можлива при забезпеченні відсутності внутрішніх відкладень на поверхнях нагрівання, зниженні до можливого мінімуму корозії конструкційних матеріалів і отриманні в котлові пари високої чистоти. Ці завдання вирішуються організацією раціонального водного режиму, що включає в себе належну обробку води в поєднанні з певними конструктивними заходами і відповідне очищення живильної води від наявних в них газоподібних і твердих домішок. Останні, можуть перебувати як в розчиненому, так і завислому стані.

Метою створення даного відділення є часткове пом'якшення води, зниження вмісту в ній заліза, силіцію і органічних речовин; зниження лужності і солевмісту вихідної води і видалення розчинної вуглекислоти. Це забезпечить якісну роботу і довгий термін експлуатації котельної установки.

8.1 Класифікаційні ознаки і організаційна структура відділення очищення води

Відділення очищення води для потреб районної котельні є приватним і за видом економічної діяльності як ціле підприємство належить до секції Е – Водопостачання; каналізація, поводження з відходами. Код КВЕД 2010-2016: Розділ 36 – Забір, очищення та постачання води.

Класифікаційні ознаки відділення у складі приватного підприємства:

- а) за формою власності – приватне;
- б) за спеціалізацією – вузькоспеціалізоване;
- с) за ресурсами – матеріаломістке;
- д) за масштабом виробництва – масове;
- е) за потужністю – середнє;
- ф) за чисельністю персоналу – мале;
- г) за вартістю випущеної продукції – середнє.

Організаційна структура підприємства складається з наступних посад:

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Головний технолог (1);
- Інженер (1);
- Технолог (1);
- Завідуючий складом (1);
- Апаратник (4);
- Лаборант (4)
- Допоміжні робітники (2).

Організаційна структура відділення зображена на рисунку 8.1.

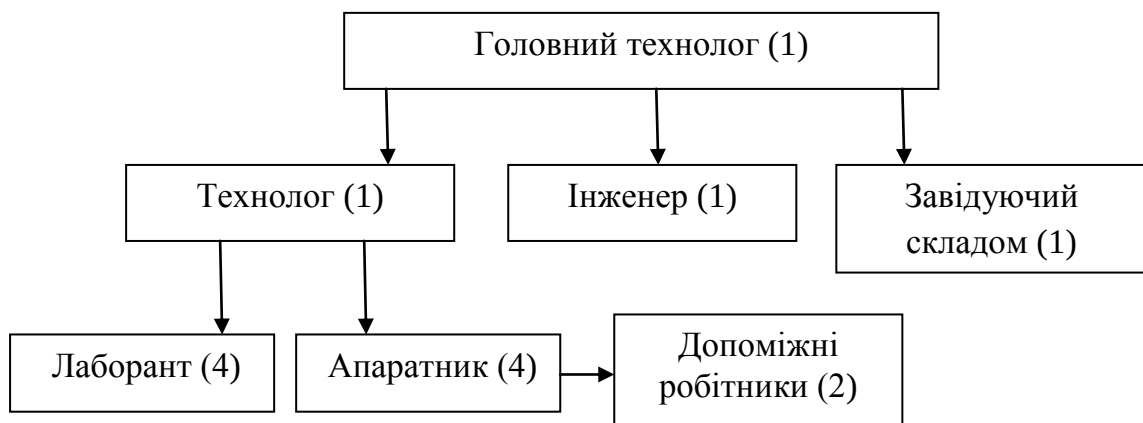


Рисунок 8.1 – Організаційна структура відділення

8.2 Технологічна підготовка виробництва

8.2.1 Класифікація виробничих процесів

Виробничі процеси відділення поділяються на:

А) Основні:

- Закупівля і транспортування реагентів;
- Підготування та налаштування обладнання; організація роботи;
- Приготування і дозування розчинів коагулянту, ПАА і вапняного молока; вхідний контроль концентрації реагентів;
- Освітлення води коагуляцією з вапнуванням;
- Проміжний контроль якості води після освітлювачів;
- Фільтрування води в механічних фільтрах;
- Вихідний контроль якості води;

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– Промивання і регенерація механічних фільтрів.

Б) Допоміжні:

– Зберігання реагентів на складі.

В) Бічні:

– Утилізація і переробка шламу.

8.2.2 Вид руху предметів праці

Тривалість основних технологічних стадій наведено в таблиці 8.2.

Таблиця 8.1 – Тривалість основних технологічних стадій відділення

№	Стадія	Час, год
1	Приготування розчинів реагентів	0,5
2	Освітлення води	1
3	Фільтрування на механічних фільтрах	1
4	Промивання і регенерація фільтрів	0,5

Відділення працює 7 днів на тиждень, режим роботи – безперервний, тривалість зміни – 8 год/день. Для даного відділення обрано синхронізований ВРПП – як окремий випадок паралельного з постійним ритмом процесу.

Графік синхронізованого ВРПП для відділення наведено на рисунку 8.2.

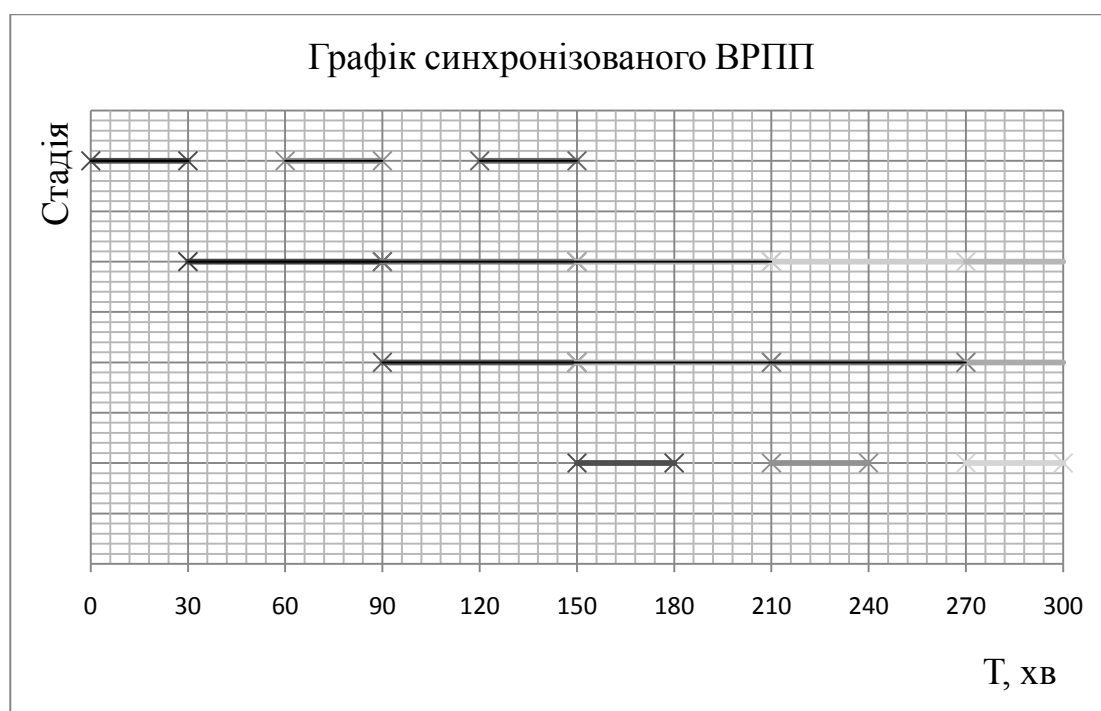


Рисунок 8.2 – Графік синхронізованого ВРПП

За один виробничий цикл очищається 450 м^3 води (без врахування води на власні потреби виробництва). Річний випуск очищеної води становить:

$$B^{\text{річн}} = 450 \cdot 24 \cdot 365 = 3942000 \text{ м}^3.$$

Ритм виробничого циклу для даного ВРПП становить:

$$R = \frac{T_p}{B^{\text{річн}}} = \frac{365 \cdot 24}{3942000} = 0,002 \frac{\text{год}}{\text{м}^3};$$

де T_p – тривалість роботи відділення протягом року.

Тривалість виробничого циклу для синхронізованого ВРПП відділення:

$$T_{\text{ВЦ}}^{\text{синх.}} = \sum t_i + R \cdot (B - 1) = 3 + 0,002 \cdot (3942000 - 1) = 7887 \text{ год},$$

де $\sum t_i$ – тривалість стадій відділення, год

8.2.3 Розрахунок кількості одиниць обладнання, чисельності персоналу. Графік роботи і графік змінності персоналу

Відділення очищення води працює безперервно, 365 днів по 24 год/день. Графік роботи працівників – по 8 год/день, всі працівники, окрім апаратників і лаборантів, працюють в 1 зміну, вихідні – субота і неділя.

Для забезпечення безперервної технологічної схеми апаратники і лаборанти працюють в 3 зміни по 8 год/день. Для побудови графіку змінності для апаратників і лаборантів відділення необхідно розрахувати кількість бригад.

Тривалість роботи відділення за рік:

$$T_{\text{відд.}}^{\text{рік}} = T_p \cdot D_p \approx 24 \cdot 365 = 8760 \text{ год},$$

де T_p – тривалість роботи відділення, год/день; D_p – кількість днів роботи відділення за рік.

Тривалість роботи працівника відділення:

$$T_{\text{прац}}^{\text{н.}} = \frac{365 - T_{\text{свят}}}{7} \cdot 40 - (T_{\text{свят}}^* - 1) \cdot 1' = \frac{365 - 11}{7} \cdot 40 - (8 - 1) \cdot 1 = 2016 \text{ год},$$

де $T_{\text{свят}}$ – тривалість свят у році, $T_{\text{свят}} = 11$ днів; $T_{\text{свят}}^*$ – кількість свят, що не співпадають з вихідними днями, $T_{\text{свят}}^* = 8$ днів; 1 – кількість спарених свят.

Кількість бригад:

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{яв.}} = \frac{Q_{\text{сп.}}}{K_{\text{пер.}}} = \frac{8}{4} \cdot 3 + \frac{6}{1} = 12 \text{ осіб};$$

де $K_{\text{пер.}}$ – коефіцієнт перерахунку, для апаратників і лаборантів – 4, а для інших працівників – 1.

З метою формалізації кількості і якості праці застосовують норми виробітку, часу і обслуговування [11].

Об'єм роботи, що повинні виконати 14 працівників певної кваліфікації за восьмигодинну зміну у визначених організаційно-технічних умовах:

$$H_{\text{в}} = \frac{B}{Q_{\text{сп.}} \cdot T_{\text{зм.}}} = \frac{3600}{14 \cdot 8} = 32,1.$$

Тривалість робочого часу на виконання одиниці роботи – 3600 м³ очищеної води 14 працівниками певної кваліфікації у визначених організаційно-технічних умовах становить:

$$H_{\text{ч}} = \frac{Q_{\text{сп.}} \cdot T_{\text{зм.}}}{B} = \frac{14 \cdot 8}{3600} = 0,03.$$

Кількість виробничих об'єктів, які повинні обслужити 14 працівників певної кваліфікації у заданих організаційно-технічних умовах становить:

$$H_{\text{обс.}} = \frac{T_{\text{ап.}} + T_{\text{руч.}} \cdot K_{\text{в.ч.}}}{T_{\text{руч.}} \cdot K_{\text{в.ч.}}};$$

де $T_{\text{ап.}}$ – тривалість роботи апаратури без участі працівника; $T_{\text{руч.}}$ – тривалість роботи, в якій задіяний працівник безпосередньо.

$$K_{\text{в.ч.}} = \frac{T_{\text{зм.}} - T_{\text{перер.}}}{T_{\text{зм.}}} = \frac{8 - 0,5}{8} = 0,94;$$

$$H_{\text{обс.}} = \frac{8 + 3 \cdot 0,94}{3 \cdot 0,94} = 3,8.$$

8.2.4 Порядок технічного контролю якості відділення

Об'єктами технічного контролю є предмети праці (сировина і матеріали, продукт виробництва, електроенергія, конструкторська та технологічна до-

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кументація), засоби праці (устаткування, прилади і пристрої) та технологічні процеси, праця виконавців, умови праці.

Технічний контроль якості предметів праці здійснюється працівниками лаборантами і за допомогою статистичних методів – шляхом протягом певного часу проводиться контроль параметрів і на підставі отриманих даних прогнозується стабільність якості у часі. Апаратники відповідальні за контроль якості засобів праці.

8.3 Матеріальна, документальна та організаційно-технічна підготовка виробництва

8.3.1 Вартість основних фондів відділення

Вартість основних фондів відділення наведено в таблиці 9.4.

Таблиця 8.4 – Вартість основних фондів відділення

Вартість основних фондів	Ціна, грн		
Обладнання	Кількість	Ціна/один.	Всього
Освітлювач ВТИ-250і	3	750000	2250000
Механічний фільтр	7	500000	3500000
Бак вапнованої і освітленої вод	4	50000	200000
Бак регенеративних вод	1	45000	45000
Насос	17	45000	765000
Витратний бак розчину коагулянту	2	30000	60000
Витратний бак розчину ПАА	1	30000	30000
Циркуляційна мішалка	1	50000	50000
Підігрівач вихідної води	1	35000	35000
Сушильна шафа	1	12000	12000
ФЕК	1	50000	50000
pH-метр	1	5000	5000
Витяжна шафа	1	20000	20000
Ваги електронні	1	10000	10000
Засоби автоматизації	700000		
Трубопроводи	200000		
Транспорт для перевезень	1000000		
Виробничий і господарчий інвентар	300000		
Лабораторний інвентар	1000000		
Нематеріальні активи	50000		
Приміщення	400000		
Σ	10682000		

Амортизаційні відрахування розраховуються за формулою:

$$A = \frac{Z_{обладн./маш.}}{T_{експ.}} + \frac{Z_{інвен.}}{T_{експл.}} + \frac{Z_{нем./акт.}}{T_{експ.}} + \frac{Z_{спор./буд.}}{T_{експл.}};$$

де $Z_{обладн./маш.}$, $Z_{інвен.}$, $Z_{нем./акт.}$, $Z_{спор./буд.}$ – вартість обладнання і машин, інвентарю, нематеріальних активів, споруд і будівель відповідно; $T_{експ.}$ – термін експлуатації основних фондів;

$$A = \frac{7032000 + 700000 + 200000 + 1000000}{5} + \frac{300000 + 1000000}{6} + \frac{50000}{12} + \frac{400000}{15} = 2033900 \frac{грн}{рік}.$$

8.3.2 Вартість оборотних засобів відділення

Вартість заробітної праці працівників відділення наведено в таблиці 8.5.

Таблиця 8.5 – Заробітна плата (ЗП) працівників відділення

Посада	Кількість	ЗП за місяць	ЗП за рік
Головний технолог	1	10000	120000
Інженер	1	9000	108000
Технолог	1	8500	102000
Завідувач складу	1	6500	78000
Апаратник	4	6000	288000
Лаборант	4	4500	216000
Допоміжні працівники	2	3000	72000

Фонд оплати праці становить:

$$\Phi ОП = \sum ЗП_{прац}^{рік} \cdot 1,37;$$

$$\Phi ОП = 984000 \cdot 1,37 = 1348080 \frac{грн}{рік}.$$

Оплата електроенергії здійснюється за подвійними тарифами. Денна оплата здійснюється з 7:00 до 23:00 год, нічна – з 23:00 до 7:00 год. Вартість електроенергії відповідно становить 1,50 кВт/год і 0,60 кВт/год. За одну годину у відділенні споживається 150 кВт/год електроенергії.

Вартість спожитої електроенергії у відділенні:

$$\Pi_{елек./ен.}^{ден.час} = P_{відд.} \cdot C_{елек./ен.}^{ден.час} \cdot T_p^{ден.час} \cdot D_p = 150 \cdot 1,50 \cdot 16 \cdot 365 = 1314000 \frac{грн}{рік};$$

$$\Pi_{елек./ен.}^{ніч.час} = P_{відд.} \cdot C_{елек./ен.}^{ніч.час} \cdot T_p^{ніч.час} \cdot D_p = 150 \cdot 0,60 \cdot 8 \cdot 365 = 262800 \frac{грн}{рік};$$

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_{\text{елек./ен.}} = C_{\text{елек./ен.}}^{\text{ден.час}} + C_{\text{елек./ен.}}^{\text{ніч.час}} = 1314000 + 262800 = 1576800 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

Вартість оборотних засобів відділення наведено в таблиці 8.6.

Таблиця 8.6 – Вартість оборотних засобів відділення

Вартість оборотних засобів	Кількість	Ціна, грн/од.	Ціна, грн/рік
Реагенти:			
Коагулянт	649 кг/добу	5 грн/кг	1184425,00
Вапно	1053 кг/добу	1,2 грн/кг	461214,00
флокулянт (ПАА)	12 кг/добу	10 грн/кг	43800,00
Антрацит	350 т/рік	2000 грн/т	700000,00
Електроенергія			
денний час (7:00 - 23:00)	150 кВт/год	1,50 грн/кВт	1314000,00
нічний час (23:00 - 7:00)		0,60 грн/кВт	262800,00
Вода	20 куб. дм.	10,24 грн/куб.м.	74,752
Опалення приміщення	70 кв. м.	16,14 грн/кв.м.	206188,50
ФОП			1348080,00
Екологічний податок			6000
Витрати на ремонт обладнан- ня, обслуговування і перевірку			70000,00
Σ			5596582,25

8.3.4 Собівартість технічного контролю якості відділення

Собівартість технічного контролю якості наведено в таблиці 8.7.

Таблиця 8.7 – Собівартість технічного контролю якості відділення

№	Елемент	Назва	На добу		На рік	
			Нв, од.вим.	Грн.	Нв, од.вим.	Грн.
1.	Реагенти	Коагулянт	25 г	0,13	9,125 кг	45,63
		Флокулянт	15 г	0,15	5,475 кг	54,75
		Вапно	20 г	0,02	7,3 кг	8,76
2.	Амортизація	Обладнання	5 років	436,71	5 років	159400
		Інвентар	6 років	45,66	6 років	16666,67
		Приміщення	15 років	16,44	15 років	6000,00
3.	ЗП персоналу кон- тролю якості	Апаратники		854,79		312000
		Лаборанти		591,78		216000
4.	Нарахування наЗП			535,23		195360,00
5.	Електроенергія		2,5 кВт/год	72,00	912,5 кВт/год	26280,00
6.	Вода		20 куб.дм.	0,20	7,3 куб.м.	74,75
7.	Опалення		15 кв.м.	242,10		44183,25
	Σ			2795,23		976073,80

8.3.5 Техніко-економічні показники відділення

1) Випуск продукції річний:

$$B = 3942000 \frac{\text{м}^3}{\text{рік}}.$$

2) Собівартість продукції:

– Собівартість очищеної води за рік:

$$C = A + \text{Обз} = 2033900 + 5596582,25 = 7630482,25 \frac{\text{грн}}{\text{рік}};$$

– Собівартість 1 м³ очищеної води:

$$C_{\text{куб.м.}} = \frac{C}{B} = \frac{7630482,25}{3942000} = 1,94 \frac{\text{грн}}{\text{м}^3}.$$

3) Вартість капіталовкладень у відділення:

$$K = \text{ОФ} + \text{Обз} = 10682000 + 5596582,25 = 16278582,25 \text{ грн.}$$

4) Фондовіддача і фондоємність:

$$\Phi B = \frac{B}{\text{ОФ}} = \frac{3942000}{10682000} = 0,37;$$

$$\Phi C = \frac{1}{\Phi B} = \frac{1}{0,37} = 2,71.$$

Висновки щодо поставлених задач економічних розрахунків:

В даному розділі пояснювальної записки проведено економічно-організаційні розрахунки відділення очищення води для потреб районної котельні.

В результаті для даного відділення обрано синхронізований ВРПП; проведено розрахунок кількості одиниць обладнання і чисельності персоналу; наведено графік роботи і графік змінності персоналу, порядок технічного контролю якості відділення; розраховано основні техніко-економічні показники відділення.

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9 ОХОРОНА ПРАЦІ

Розглянувши технологічну схему відділення можна прийти до висновку, що на виробництві використовуються шкідливі й небезпечні виробничі фактори, до складу яких входять: агресивні та токсичні речовини, пожежонебезпечні матеріали та речовини, електроенергія, механічна, теплова енергії, енергія стисненого газу та хімічних реакцій.

До небезпечного обладнання у відділенні можна віднести: апарати під тиском, електричні та механічної дії.

При проектуванні виробництва прийняті проектні рішення, які відповідають вимогам охорони праці та пожежної профілактики.

Зробивши висновки щодо шкідливості та небезпечності виробництва, розроблено низку заходів для створення у виробничих приміщеннях оптимальних умов праці та щодо пожежної безпеки.

9.1 Виявлення та аналіз ШНВФ на проектному об'єкті. Заходи з охорони праці

9.1.1 Повітря робочої зони

Згідно ДСН 3.3.3.042-99 роботи, що виконуються у проектному відділенні, за витратами фізичної енергії відносяться до категорії середньої важкості II б. В таблиці 9.1 наведено санітарні норми мікроклімату виробничого приміщення для даної категорії робіт й двох періодів року [12].

Для нормалізації повітря робочої зони проектом передбачено використання системи штучної вентиляції. Природний обмін повітря здійснюється за допомогою вікон.

Для нормалізації мікроклімату слід застосувати механічну загальнообмінну припливну вентиляцію. Механічна місцева витяжна вентиляція служить для подачі свіжого повітря до робочого місця. Аерація – передбачена для видалення забрудненого повітря з місця його утворення.

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 9.1 – Санітарні норми мікроклімату виробничого приміщення

Період року	Категорія робіт	Температура, °С		Відносна вологість, %		Швидкість руху, м/с	
		Оптимальна	Допустима на робочих місцях	Оптимальна	Допустима, не більше	Оптимальна, не більше	Допустима, не більше
Холодний	Середньої важкості II б	17-19	15-21	40-60	75	0,2	0,4
Теплий		20-22	16-27	40-60	70	0,3	0,2-0,5

Коротка санітарна характеристика відділення, що проектується, наведено в таблиці 9.2.

Таблиця 9.2 – Короткі санітарні характеристики відділення

Назва ділянки	Відділення освітлення	
Шкідливі речовини, що виділяються, причини їх виділення	Негашене вапно, пошкодження пакування	Коагулянт FeSO ₄ , витік
Група шкідливої речовини, характеристика шкідливої дії	Подразнюючі. Може викликати подразнення шкіри і слизової оболонки ока	Подразнюючі. Пил поступає в організм через органи дихання і викликає подразнення дихальних шляхів
ГДК шкідливих речовин у повітрі робочої зони, мг/м ³	1	0,5
Клас небезпечності шкідливої речовини	II	III
Засоби індивідуального захисту: тип, марка, ГОСТ	Гумові рукавиці, захисний халат, респіратор РПГ-67, захисні окуляри ОП-1	Гумові рукавиці, захисний халат, респіратор ШБ-1, захисні окуляри ОП-1
Засоби долікарської допомоги	Видалити частини вапна, ушкоджене місце обробити і закрити рану марлевою пов'язкою. Категорично забороняється промивати рану водою.	Уражену ділянку промити водою.

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для підтримання оптимальних умов, згідно ДСН 3.6.042-99 в відділенні освітлення передбачено центральну систему водяного опалення.

Розрахунок вентиляції відділення

Конструкція стулки віконного прорізу – одинарна підвісна. Висота й довжина стулки рівні, кут відкриття стулки $\alpha = 45^\circ$. Ліхтар П-подібний із фрамугами на вертикальній осі з вітрозахисними панелями, які перебувають на відносній відстані $l/h = 1,5$, з кутом відкриття $\alpha = 90^\circ$. Визначаємо температуру повітря, що видаляється з верхньої частини приміщення:

$$t_{\text{вид}} = t_{\text{зовн}} + \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{пз}}}{m},$$

де $t_{\text{зовн}}$ – температура зовнішнього повітря, для Києва в теплий період становить $23,5^\circ\text{C}$; $t_{\text{вн}}$ – температура внутрішнього повітря, $t_{\text{вн}} = 22^\circ\text{C}$; $t_{\text{пз}}$ – температура повітря, що надходить до робочої зони, $t_{\text{пз}} = t_{\text{зовн}}$, $t_{\text{пз}} = 23,5^\circ\text{C}$; m – коефіцієнт, приймаємо 0,53;

$$t_{\text{вид}} = 23,5 + \frac{22 - 23,5}{0,53} = 20,67^\circ\text{C}.$$

Визначено питому вагу повітря:

$$\rho = \frac{353}{t + 273};$$

$$\rho_{\text{зовн}} = \frac{353}{23,5 + 273} = 1,191 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$$\rho_{\text{вид}} = \frac{353}{20,67 + 273} = 1,202 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Розподілений тиск визначено по формулі:

$$\Delta\rho_{1,2} = h \cdot (\rho_{\text{зовн}} - \rho_{\text{вид}}),$$

де h – відстань між осями прорізів, $h = 10\text{м}$;

$$\Delta\rho_{1,2} = 10 \cdot (1,202 - 1,179) = 0,11 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}.$$

Втрати тиску на прохід повітря через припливні прорізи:

$$\Delta\rho_1 = \beta \cdot \Delta\rho_{1,2},$$

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де β – різниця тисків, що використовується на прохід повітря через припливні прорізи, $\beta = 0,4$;

$$\Delta\rho_1 = 0,4 \cdot 0,11 = 0,044 \frac{\text{Кг}}{\text{м}^2}.$$

Втрати тиску на прохід повітря через ліхтар:

$$\Delta\rho_2 = \Delta\rho_{1,2} - \Delta\rho_1;$$

$$\Delta\rho_2 = 0,11 - 0,044 = 0,066 \frac{\text{Кг}}{\text{м}^2}.$$

Визначено площу прорізів у стіні і площу прорізів ліхтаря:

$$F_{\text{припл}} = \frac{G_{\text{припл}}}{3600 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot \rho_{\text{зовн}}}{\xi_1} \cdot \Delta\rho_1}};$$

$$F_{\text{припл}} = \frac{4200}{3600 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 9,8 \cdot 1,191}{3,7} \cdot 0,024}} = 29,98 \text{ м}^2;$$

$$F_{\text{вид}} = \frac{G_{\text{вид}}}{3600 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 9,8 \cdot 1,202}{4,1} \cdot 0,096}};$$

$$F_{\text{вид}} = \frac{30000}{3600 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 9,8 \cdot 1,202}{4,1} \cdot 0,096}} = 11,33 \text{ м}^2,$$

де $G_{\text{припл}}$ – кількість повітря, що повинна надходити в приміщення; $G_{\text{вид}}$ – кількість повітря, що видаляється [13].

9.1.2 Виробниче освітлення

Згідно ДБН В.2.5-28-2006 у відділенні водопідготовки виконуються роботи IV а розряду зорових умов.

В таблиці 9.3 представлені нормативні значення освітлення робочих місць, наведені значення параметрів освітлення, прийняті проектом.

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 9.3 – Нормативні значення освітленості робочих місць [12]

Характеристика зорової роботи	Розряд і підрозряд зорової роботи	Освітленість при штучному освітленні, лк		Природне освітлення	Суміщене освітлення
		При системі комбінованого освітлення	При системі загального освітлення	КЕО, %	
				Бокове освітлення	Бокове освітлення
Середньої точності	IV г	300	300	1,5	0,9

В проекті передбачено використання суміщеного освітлення – поєднання природного і штучного освітлення. Система природного освітлення – комбінована, тобто поєднання верхнього і бічного освітлення.

На виробництві прийнято газорозрядні лампи низького тиску (люмінесцентні типу ЛБ-40). Тип світильників для приміщення з невеликою запиленістю і невисокою вологістю ЛПО-01 з суцільним відбивачем, а також пиловолонепроникні світильники типу ПВЛ-1, ПВЛ-2 (з розсіювачем) на дві люмінесцентні лампи потужністю 40 Вт.

Освітленість контролюється за допомогою люксметра Ю-116 один раз протягом року та після ремонту освітлювальної установки. При відключенні робочого освітлення передбачена система аварійного освітлення (люмінесцентні лампи). Світильники аварійного освітлення приєднуються до мережі робочого освітлення з автоматичним перемиканням на незалежне живлення.

9.1.3 Захист від виробничого шуму та вібрацій

Основними джерелами створення шуму та вібрації в цеху є насоси та вентилятори. Проектом передбачено встановлення насосів та вентиляторів в спеціальних закритих камерах, що зменшить шум та вібрацію при їх роботі. Згідно ДСН 3.3.6.037-99 допустимий рівень звуку у виробничих приміщеннях становить 80 дБА.

Для зменшення рівня шуму апарати обладнано надійними звукоізолюючими пристроями, які складаються з еластичних патрубків на всмоктуючому та напірному трубопроводах; встановлені активні глушники аеродинамічного

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

шуму на повітропроводах всмоктування та нагнітання вентиляторів; насоси та вентилятори встановлено на віброізоляторах.

У якості засобів індивідуального захисту розроблено протишумові шапки та навушники.

9.1.4 Електробезпека

Проектом передбачено здійснювати живлення електроустаткування від трифазної 4-х провідної електричної мережі змінного струму промислової частоти із глухозаземленою нейтраллю напругою 380/220 В.

Відповідно ГОСТ 12.1.038-82 допустимі значення напруги дотику (U_d) і струму, що проходить через тіло людини (I_l) становлять:

- у нормальному режимі роботи $I_l = 0,3 \text{ мА}$ і $U_{пр} = 2\text{В}$, з часом дії до 10 хвилин на добу;
- в аварійному режимі роботи $I_l = 6 \text{ мА}$ і $U_{пр} = 36\text{В}$, при контакті більше 1с.

Найчастіше бувають два випадки замикання ланцюга струму через тіло людини: коли він дотикається одночасно до двох провідників (двофазне), і коли він дотикається тільки до одного провідника (однофазне).

Перший випадок небезпечний, так як до тіла людини прикладається лінійна напруга. У цьому випадку струм, який проходить через тіло людини дорівнює:

$$I_l = \frac{U_l \cdot 10^3}{R_l},$$

де U_l – лінійна напруга, $U_l = 380\text{В}$; R_l – опір тіла людини, $R_l = 1000\text{Ом}$;

$$I_l = \frac{380 \cdot 10^3}{1000} = 380\text{мА}.$$

Напруга дотику в цьому випадку складе:

$$U_{\text{дот}} = I_l \cdot R_l = 0,38 \cdot 1000 = 380\text{В}.$$

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Однофазний дотик зустрічається набагато частіше, ніж двофазний. Такий дотик менш небезпечний, тому що до тіла людини прикладається фазна напруга.

Струм, що проходить через людину в цьому випадку, складе:

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\phi} \cdot 10^3}{R_{\text{л}} + R_0},$$

де U_{ϕ} – фазна напруга, $U_{\phi} = 220\text{В}$; $R_{\text{л}}$ – опір тіла людини, $R_{\text{л}} = 2000\text{Ом}$; R_0 – опір нейтралі заземлення, $R_0 = 30\text{Ом}$.

$$I_{\text{л}} = \frac{220 \cdot 10^3}{2000 + 4} = 109,8\text{мА}.$$

При цьому напруга дотику складе:

$$U_{\text{дот}} = I_{\text{л}} \cdot R_{\text{л}} = 0,1098 \cdot 2000 = 219,6\text{В}.$$

Порівнюючи розрахункові значення струмів з допустимими згідно ГОСТ 12.1.038-82, можна зробити висновок, що при порушенні правил ПУЕ в цехові можливі електротравми з важкими наслідками.

На основі результатів аналізу експлуатації електричного обладнання у відділені, з урахуванням нормативної документації, передбачено наступні заходи щодо захисту працюючих від ураження електричним струмом :

- застосування занулення устаткування;
- захист електропроводки від механічних ушкоджень прокладкою проводів у металевих трубах, схованої, у металорукавах;
- захисне відключення електроустаткування;
- відкриті струмоведучі частини електроустаткування захищені сіткою;
- передбачене використання захисного одягу та пристроїв: діелектричні рукавички, інструменти з ізолюючими рукоятками, покажчики напруги, діелектричні калоші що ізолюють підставки, тимчасові огороження, захисні окуляри, подвійна ізоляція, застосування малого напруження.

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Передбачений систематичний контроль ізоляції. До роботи з електрообладнанням допускаються особи, які мають дозвіл посадових осіб. Ремонт і обслуговування електроустаткування здійснюють не менше двох осіб. Схема автоматизації передбачає блокування і можливість автоматичного, аварійного відключення устаткування, а також звукову та світлову сигналізацію.

9.1.5 Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання

На підприємстві є механізми, які зможуть завдати обслуговуючому персоналу травм, це:

- обертів деталі;
- апарати під тиском (до 0,6 МПа).

Механічні фільтри працюють під тиском і при їх обслуговуванні найбільшою небезпекою є пошкодження фланців на арматурі, порушення ущільнення сальникових набивок.

Біля насосів і вентиляторів можливий захват частинами, що обертаються, одягу, рук, ніг, волосся, що призводить до травм (вивихи, переломи, струс).

Аварійні ситуації можуть виникнути при порушенні технологічного режиму неправильної експлуатації обладнання, поломки обладнання можуть призвести до аварій, вибухів, пожеж.

Головні причини аварійних ситуацій: порушення герметичності установок, прорив транспортних труб, припинення подачі технологічної води, загроза рахунок робочих місць, порушення технологічного режиму, відключення електроенергії, невиконання правил з техніки безпеки та інші.

9.2 Пожежна безпека

Можливі причини загорянь у цеху:

- електричні іскри (удару і тертя деталей машин і обладнання) можуть виступати джерелом горючих речовин і матеріалів;

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- джерелом пожеж в умовах цеху, що проектується, може бути прямий удар блискавки в будівлю, занесення високих потенціалів блискавки в приміщення через електропровідні комунікації;
- механічне пошкодження електромережі;
- перевантаження електродвигунів.

Проектом передбачено наступні методи захисту:

- плавкі запобіжники та автоматичні вимикачі, з метою захисту електрообладнання від перевантажень;
- для уникнення іскор удару чи тертя рухомі частини обладнання своєчасно змащуються;
- від прямого удару блискавки будівля захищена груповими стрижневими блискавковідводами, а від заносу високих потенціалів блискавки – заземленням електропровідних комунікації до стінки будівлі і в середині відділення;
- забезпечення будинків і приміщень необхідними і безпечними шляхами евакуації людей.

В цеху для пригнічення пожежі є вогнегасники типу ВХП–10, ВВ–2, сухий пісок, азбестові ковдри. Протипожежне забезпечення виконане у вигляді пожежного гідранта. В цеху наявні два евакуаційні виходи на випадок виникнення пожежі.

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА

Відділення є маловідходним, основний забруднювач – шлам, що утворюється в процесі освітлення, відноситься до IV класу небезпеки відходів, рівень небезпечності – малонебезпечний.

Метою даного розділу є аналіз джерел шкідливих відходів, які утворюються під час роботи підприємства і знайти рішення, які забезпечать їх екологічну утилізацію або доведення значень до рівня ГДК.

10.1 Аналіз джерел та розрахунок кількості відходів, що утворюються

Для здійснення процесу коагуляції застосовуються наступні реагенти: коагулянт FeSO_4 , вапняне молоко $\text{Ca}(\text{OH})_2$ і флокулянт поліакриламід (ПАА). Утворені пластівці коагулянту адсорбують на своїй поверхні колоїдні речовини і виділяються при цьому у вигляді аморфного осаду (шламу). Цей осад представляє собою пластівці неправильної форми з рихлою сітчастою структурою і розмірами від декількох мікрометрів до декількох міліметрів. Вологість осаду складає 96 – 99,99%.

Оскільки компонентами такого осаду є продукти гідролізу хімічних реагентів в поєднанні з забруднюючими домішками і він містить значну кількість води, що знаходиться в різних зв'язаних формах з компонентами осаду, то виникає необхідність його утилізації.

Таким чином, основними відходами виробництва є вода після промивки освітлювальних фільтрів та шламові води, які утворюється при промиванні освітлювачів. Небезпеку для навколишнього середовища становлять великі накопичення шламу і необхідність його складування у поверхневих шламосховищах.

Шламові води освітлювачів відводяться більш-менш постійно, щодоби в кількості 1-3% від обсягу обробленої води. Вони містять 0,5 – 2,0% (по масі) сухого шламу і направляються в спеціальні ущільнювачі для збільшення

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

концентрації сухої речовини в шламі до 5% і більше (відстоювання протягом 1-2 діб). Освітлена вода може направлятися до освітлювача або на механічні фільтри, а ущільнений шлам – на вакуумні, рамні або інші фільтри або на фільтрпрес. Фільтрат після спеціальних фільтрів для зневоднення шламу повинен повертатися на механічні зернисті фільтри ВПУ. Утилізація продувних вод попереднього очищення повинна бути повна.

Кількість шламу, що утворюється в освітлювачах при коагуляції води, визначається залежно від якості вихідної води і схеми її обробки.

Кількість шламу, що утвориться при вапнуванні з коагуляцією, визначається за рівнянням [3]:

$$Q_{ш.} = C_{зв.р.} + 50 \cdot (Ж_{Ca}^B + D_{в.}) + 56 \cdot \alpha_{д.} \cdot D_{в.} + 78 \cdot D_{к.};$$

де $C_{зв.р.}$ – кількість зважених речовин у вихідній воді, $\frac{г}{м^3}$; $\alpha_{д.}$ – кількість домішок у вапняному молоці, що дозується (20–50%), частки од;

$$Q_{ш.} = 141 + 50 \cdot (5,75 + 3,58) + 56 \cdot 0,5 \cdot 3,58 + 78 \cdot 0,7 = 863,11 \frac{г}{м^3}.$$

Вміст шламу після освітлювача при нормальних умовах експлуатації не повинний перевищувати 10 – 12 мг/дм³. Після освітлювачів, як правило, оброблювана вода поступає на освітлювальні фільтри для повного видалення зважених речовин.

10.2 Можливі варіанти екологізації виробництва

Аналіз літературних даних дозволив визначити перелік існуючих технологічних схем поводження (переробка, використання, утилізація) зі шламовими відходами водоочищення після коагуляції. Для збереження і ліквідації шламу пропонується:

- 1) видалення в навколишнє середовище (скидання в водойми);
- 2) збереження (складування на шламосховищах);
- 3) захоронення:
 - захоронення на обладнаних полігонах;

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- складування після термічної обробки в герметичних сховищах-реакторах;
- підземне захоронення в глибоких горизонтах на платформі;

4) знешкодження, ліквідація:

- термічний піроліз;
- спалювання.

Реалізація перерахованих схем поводження з відходами створює проблеми екологічного характеру. Безпосереднє скидання шламу установок водоочищення в водойми може призвести до порушення екологічної рівноваги в водних екосистемах. При цьому при коливаннях рН шламової пульпи в межах $< 6,5$ або $> 8,5$ обов'язковим є нейтралізація шламових вод.

В даний час в Україні шламові відходи переважно зберігають в шламонакопичувачах. Однак на більшості підприємств енергетики склалася критична ситуація зі складуванням шламів у зв'язку з вичерпаним ресурсом шламонакопичувачів.

Окремими фахівцями пропонується застосування термічної обробки шламів з наступним їх складуванням в сховищах-реакторах. Однак, цей метод потребує значних капітальних витрат.

Також пропонується на родовищах корисних копалин використовувати метод підземного захоронення шламів. Даний спосіб поховання відходів потребує докладних дослідженнях структурних особливостей геологічної будови і тектонічних характеристик територій.

Високотемпературні процеси знешкодження, спалювання шламів сприяють механічному й тепловому забрудненню атмосферного повітря за допомогою виробничих викидів. Більш раціональними в практичному застосуванні з позицій ресурсо- та енергозбереження є технології повторного використання ресурсоцінних компонентів шламів в різних виробничих циклах. Однак цей метод обмежений у застосуванні умовою використання твердого палива та ускладнює подальшу очистку стоків від грубодисперсних речовин,

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

що призводить до перевитрати реагентів і збільшення обсягів сольових скидів. Також нераціональним є використання шламової пульпи для нейтралізації кислих стоків, а також видалення зі стічних вод іонів важких металів шляхом утворення нерозчинних сполук, що передбачає накопичення додаткової кількості осадів.

Всі перераховані способи повторного використання шламових відходів обумовлюють утворення осадів – кінцевих відходів виробничих процесів і не вирішують проблему накопичення шламів.

З точки зору екологічної безпеки найбільш прийнятними для впровадження на виробничих об'єктах є технології утилізації шламових відходів з максимальним використанням їх ресурсоцінних складових.

Серед значної кількості робіт, присвячених утилізації вапняних шламів, чимало розробок щодо застосування шламів як сировини в будівельній індустрії. Знаходять застосування шлами водоочищення як пластифікатори будівельних розчинів. Запропоновано використовувати шлам водоочистки в якості вихідної сировини для отримання повітряного в'язучого матеріалу. Відомо виготовлення пластичної мастики, яка містить шлам водоочищення в кількості 3-5%. Також шлам застосовують при виробництві шпаклівки для обробки поверхні будівельних матеріалів перед фарбуванням. Відомо виготовлення керамзитобетону на активованому карбонатним компонентом керамзитовому ґравії, де в якості карбонатного компонента використовують високодисперсний позитивно заряджений карбонатний шлам. Застосування шламу при виробництві пористих бетонів з портландцементу з використанням активної кварцового піску карбонатних шламом дозволяє підвищити міцність бетону. Розроблено технологію отримання змішаного в'язучого для сухих штукатурних сумішей з наповнювачем зі шламу водоочищення. Існує досвід використання вапняного шламу водоочищення для виготовлення цегли силікатної та цегли напівсухого пресування. Шламові відходи можливо викорис-

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

товувати в якості мінерального компонента замість доломітового борошна для виготовлення дорожнього асфальтобетону.

Таким чином, існують широкі можливості використання шламів водоочищення в будівельній індустрії. Однак, в основі більшості розглянутих технологій лежить процес високотемпературної обробки шламу, що супроводжується виділенням великої кількості CO₂ і інших газів. Викиди загострюють проблему глобального потепління, призводять до підвищення кислотності озер, ґрунтових вод, ґрунтів, пошкодження та загибелі рослинності, сприяють забрудненню навколишнього середовища радоном-222 (²²²Rn) і продуктами його розпаду.

Досвід роботи вітчизняних і зарубіжних підприємств показав екологічну та економічну доцільність використання відходів і побічних продуктів виробництв в якості заміників природних мінеральних добавок при виробництві бетонних сумішей.

Шлам водоочищення після коагуляції – карбонатний матеріал, не містить вільних оксидів кальцію, оксидів лужних металів, відрізняється стабільністю хімічного складу. Як замітник природних вапняків шлам запропоновано використовувати для виготовлення бетонних сумішей в технології виробництва елементів мощення тротуарів.

Застосування в якості добавки-наповнювача для виготовлення бетонної суміші вискодисперсного (тонкого помелу) висушеного шламу розглядається як альтернатива традиційним технологіям виготовлення бетонної суміші, яка дозволить знизити витрати цементу в бетоні при виробництві тротуарної плитки. При цьому в складі бетонної суміші цемент і наповнювач розглядають як єдине в'язуче. Такий напрям застосування відходів передбачає зневоднення шламу до 5-10% вологості для забезпечення транспортування, дотримання вимог дозування сировини для виготовлення продукції та попередження вторинного забруднення навколишнього середовища.

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Впровадження даної схеми утилізації шламових відходів водоочищення дозволить знизити собівартість приготування бетонної суміші з мінерального сировини і цементу за рахунок скорочення витрат на пошук родовищ, видобуток, транспортування і помел природних карбонатних порід, а також вирішити екологічну проблему накопичення відходів водоочищення котельних установок, раціонально використовувати природні ресурси, виключити утворення відходу-залишку [14].

10.3 Підбір обладнання за обраним рішенням

Запропонований метод утилізації шламу передбачає його зневоднення до 5-10 % вологості для забезпечення транспортування, дотримання вимог дозування сировини при виготовленні продукції та попередження вторинного забруднення навколишнього середовища.

Шлами, зневоднені механічним способом, більш транспортабельні і більш безпечні в санітарно-гігієнічному відношенні, ніж шлами зневоднені природним методом (на мулових майданчиках).

В даний час найбільш популярними методами зневоднення шламів на міських очисних спорудах є центрифуги і стрічкові фільтр-преси, що пов'язане з їх надійністю в роботі та економічною ефективністю. Відомі стрічкові прес-фільтри, що містять несучу раму і змонтовану на ній систему приводних провідних і проміжних ведених валів, між якими пропущені два нескінченних стрічкових сита верхнього та нижнього розташування з можливістю розміщення між ними зневоднюючого матеріалу і подальшого їх спільного обтиску (пресування) в обертових валах. Недоліком розглянутих прес-фільтрів є висока вартість автоматизованих процесорних систем.

10.4 Розрахунок екологічних платежів

В даному розділі проведено розрахунок вартості податку у випадку зберігання шламу водоочищення на шламосховищах.

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно Податкового кодексу України (ПКУ) статті 246 п.246.2, ставка податку для відходів IV класу, рівня небезпечності – мало небезпечні складає 3,17 грн/т.

Відповідно до ПКУ статті 246 п.246.5, коефіцієнт до ставки податку, для місць (зон) розміщення відходів які знаходяться на відстані 3 км і більше від адміністративних меж населеного пункту складає $K_T=1$.

Згідно ПКУ статті 249 п.249.6, суми податку, який виплачується за розміщення відходів (Π_{pv}), обчислюються платниками самостійно щокварталу виходячи з фактичних обсягів розміщення відходів, ставок податку та коригуючих коефіцієнтів. Сума податку на рік за розміщення відходів розраховується за формулою [15]:

$$\Pi_{pv} = \sum_{i=1}^n (H_{\Pi i} \cdot M_{\Pi i} \cdot K_m \cdot K_0),$$

де $H_{\Pi i}$ – ставки податку в поточному році за тонну i -того виду відходів, грн; $M_{\Pi i}$ – обсяг відходів i -того виду, т; K_m – коригуючий коефіцієнт, який враховує розташування місця розміщення відходів згідно ПКУ статті 246 п.246.5; K_0 – коригуючий коефіцієнт, що дорівнює 3 і застосовується у разі розміщення відходів на звалищах, які не забезпечують повного виключення забруднення атмосферного повітря або водних об'єктів;

$$\Pi_{pv} = \sum_{i=1}^n (3,17 \cdot 863,11 \cdot 450 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 1) = 5787,09 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В даному дипломному проекті розроблено відділення очищення води для потреб районної котельні методом коагуляції з вапнуванням в освітлювачах з наступним фільтруванням на механічних фільтрах. Продуктивність установки очищення води без врахування води на власні потреби становить 450 м³/год.

Для забезпечення заданої продуктивності відділення встановлено наступне технологічне обладнання:

- два освітлювача ВТІ-250і та один резервний продуктивністю по 250 м³/год, діаметром 9000 мм та висотою 13524 мм;
- шість механічних фільтрів та один резервний площею фільтрування 9,1 м², діаметром 3400 мм та висотою шару 1000 мм;
- один розчинний та один видатковий баки для 10%-го та 5%-го розчину коагулянту об'ємом 8 і 16 м³ відповідно та один резервний бак об'ємом 16 м³, який може бути використаний, як розчинний, так і видатковий;
- одну механічну вапногасилку продуктивністю 1 т/год, один гідроциклон продуктивністю 8 м³/год, одну циркуляційну мішалку для приготування розчину вапняного молока;
- установку для приготування розчину ПАА типу УРП-2М продуктивністю 12 кг/год і один бак-мішалку об'ємом 10 м³;
- по два баки вапнованої і освітленої води місткістю по 320 м³;
- по два насоси-дозатори розчинів коагулянту, флокулянту і вапняного молока продуктивністю 0,4; 0,63 і 1,0 м³/год відповідно, і по одному резервному;
- по одному насосу для вапнованої і освітленої вод продуктивністю 450 м³/год, один насос для регенеративних вод продуктивністю 25 м³/год, і для кожного один резервний.

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розроблено схему автоматизації і контролю відділення, що дає можливість контролювати витрату води, що подається в освітлювачі і механічні фільтри; температуру вихідної води, що подається в освітлювачі; рівень води в баках вапнованої, освітленої і регенеративної вод, витратних баках розчинів коагулянту і ПАА, циркуляційній мішалці вапняного молока; зміну тиску в механічному фільтрі і мутність води на виході з фільтра.

Реалізованого економіко-організаційні розрахунки відділення. Собівартість одиниці продукції даного відділення становить 1,94 грн/м³ очищеної води, вартість капіталовкладень у відділення – 16278582,25 грн, фондівіддача і фондоємність – 0,37 і 2,71 відповідно.

Здійснено аналіз джерел шкідливих відходів, які утворюються під час роботи відділення і запропоновано рішення, які забезпечать їх екологічну утилізацію. Сума екологічного податку у разі складування шламу на сховищах становить 5787,09 грн/рік.

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кульский, Л.А. Справочник по свойствам, методам анализа и очистке воды / Л.А. Кульский – К.: Наук. думка, 1981. - Т.1.– 490 с.,Т.2. – 510 с.
2. Малецкий З. Правильная вода для котлов. Всё о современной ХВО / Мудрик Р. // Вода и Водоочистные технологии. – 2011. - №2 (56).
3. Лифшиц О.В. Справочник по водоподготовке котельных установок. – М.: Энергия, 1976. – 286 с.
4. Громогласов А.А. Водоподготовка: процессы и аппараты [Текст] / А.А. Громогласов, А.С. Копылов, А.Ц. Пильщиков. – М.: Энергоатомиздат, 1990. - 272 с.
5. Компанія «Хімпостачання»: Обладнання – Матеріали – Сировина [Електронний ресурс]. – Режим доступу <http://www.himsnab.com.ua/ua/>, вільний. – Загол. з екрана. – Мова укр.
6. Режимна карта експлуатації освітлювача ВТІ-250і ст.№ 1,2 ВПУ СТ «Позняки».
7. Антрацит и антрацитовая крошка [Електронний ресурс]. – Режим доступу <http://htaqua.ru/catalog/54/>, вільний. – Загол. з екрана. – Мова рос.
8. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. – М.: Химия, 1971. – 456 с.
9. Концевой, А.Л. Алгоритмізація і програмування розрахунків процесу водопідготовки. Навчальний посібник: На правах рукопису / А.Л. Концевой, Н.М. Толстопалова. – К.: 2003. – 44 с.
10. Лукінюк, М.В. Автоматизація типових технологічних процесів: технологічні об'єкти керування та схеми автоматизації [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом «Автоматизація і комп'ют.-інтегр. технології» / М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 236 с. : іл. – Бібліогр.: с. 230-231. – 200 пр. – ISBN 978-966-622-287-2.

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Підлісна, О.А. Методичні вказівки до виконання організаційно-економічної частини дипломних проектів для студ. хіміко-технологічних спеціальностей усіх форм навчання / Уклад.: О.А. Підлісна, В.В. Янковий, М.П. Дорошенко. – К.: ІВЦ „Видавництво „Політехніка”, 2002 – 28 с. – Бібліогр. с. 25-27. - 300 пр.
12. Орленко, А.Т. Метод, вказівки до викон. розділу «Охорона праці» в дипломних проектах і роботах бакалаврів хіміко-технологічного і біотехнології та біотехніки ф-тів / Уклад.: А.Т. Орленко, Н.А. Праховнік, Ю.О. Полукаров - К.: НТУУ «КПІ», 2011. - 33 с.
13. Макаров, Г.В. Охрана труда в химической промышленности. / Г. В. Макаров, А. Я. Васин, Л. К. Маринина и др. – М.: Химия, 1989. – 496 с.: ил. – ISBN 5-7245-0246-1.
14. Пасенко А.В. Экологический аспект схем обращения с отходами водочистки теплоэлектростанций [Текст] / А.В. Пасенко: Екологічна безпека. – 2012. – №2. – С. 29–32.
15. Платежі за забруднення, їх види та критерії нарахування [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://buklib.net/books/25530/>, вільний. – Загол. з екрана. – Мова укр.

					ХН 2218 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		