ВСТУП

Вода – унікальна речовина, яка має численні технічні застосування. Енергія падіння води широко використовується на гідроелектростанціях для одержання дешевої електричної енергії. Воду використовують у будівельній, текстильній, шкіряній, металургійній і багатьох інших галузях промисловості. Особливо широко застосовують воду у хімічній промисловості для процесів розчинення, фільтрування, промивання і як сировину для одержання різних хімічних продуктів: їдких лугів, кислот, водню тощо. Широкого застосування вода набула також у вигляді теплоносія.

Котельня (котельна установка) — система життєзабезпечення будівлі або групи будівель, джерело енергії для систем опалення, паропостачання, гарячого водопостачання, вентиляції, теплої підлоги та інших інженерних систем в будівлях, а також для технологічних потреб. Принцип роботи котельні такий самий, як і ТЕЦ.

Вода, як теплоносій, перед тим як потрапити до котельного відділу, проходить попереднє очищення до відповідних норм якості для подачі її на теплоелементи. Очищена вода не повинна містити речовини у колоїдному та грубодисперсному стані: завислі речовини, розчинений кисень, солі, що спричиняють жорсткість води, так як наявність цих речовин сприяє утворенню накипу, спінюванню котельної води, виносу солей з паром та корозію.

У технології очищення природних вод для котельних установок застосовуються різноманітні методи обробки води для задоволення вимог, які пред’являться до якості води, що споживається. Внаслідок того, що вихідна вода містить безліч різноманітних домішок, зазвичай використовують комбіновані системи очистки.

Насамперед проводять попереднє очищення води, що передбачає видалення завислих і органічних речовин, вільної вуглекислоти. Для цього застосовуються процеси коагуляції та флокуляції, що перебігають в освітлювачі, далі вода направляється на фільтрування на каскад механічних фільтрах.

Метою даного дипломного проекту є виробництво попередньо очищеної природної води для міських котелень з використанням флокулянтів.

1 ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБУ І ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА

Якість води із природних джерел визначають за наявністю в ній речовин неорганічного чи органічного походження, а також мікроорганізмів, характеризують її різноманітними фізичними, хімічними, бактеріологічними і біологічними показниками.

Потреба в здійсненні очищення води від забруднень виникає у тому випадку, якщо якість води із природних джерел не задовольняє вимоги, що пред'являються. Невідповідність якості води із природного джерела вимогам споживачів визначає вибір методу очищення.

У 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 за час, в результаті скиду стічних вод нових промислових підприємств чи порушення умов експлуатації водойми у зв'язку з розвитком водного транспорту, роботами по осушенню боліт (розташованих вище по течії), розвитком торф'яних розробок тощо.

Технологічні схеми передбачають компоновку очисних будівель, охоплюючи процеси видалення речовин, що відносяться зазвичай до декількох груп класифікації домішок води за Кульським. Тому при складанні схеми водопідготовки слід обирати методи та режими, найбільш ефективні для видалення домішок кожної з груп [1].

Обробка поверхневих природних вод, які згодом будуть використовуватися у вигляді теплоносія, (для поповнення втрат пари і конденсату на теплових електростанціях) починається з очищення їх від грубодисперсних та колоїдних домішок, які можуть виявитися причиною

утворення вторинного накипу на поверхнях нагрівання, погіршення якості пари та забруднення іонітових матеріалів.

Зазвичай у схемі попереднього очищення води використовується процес коагуляції з подальшим механічним фільтруванням.

1.1 Очищення води коагулянтами

На даний момент у процесах водопідготовки широко використовується коагуляція. Її застосовують для зниження вмісту завислих і колоїдно-дисперсних домішок під дією сил тяжіння. Проте домішки, які обумовлюють каламутність і колірність природних вод, мають малі розміри і їх осадження відбувається надзвичайно повільно. Дрібнодисперсні колоїдні частинки ще більше ускладнюють процес осадження. Тому для прискорення процесів відокремлення вказаних домішок шляхом осадження, фільтрування або флотації здійснюють їх коагуляцію.

Коагуляцією домішок води називають фізико-хімічний процес агломерації найдрібніших колоїднодисперсних частинок, що відбувається внаслідок їх взаємного злипання, і утворення грубодисперсних пластівців, що випадають в осад і видаляються з води осадженням їх в освітлювачах або фільтруванням на освітлювальних фільтрах.

Завислі домішки води в більшості випадків мають однакові заряди, що обумовлює виникнення міжмолекулярних сил відштовхування і їх агрегативну стійкість. У технології водопідготовки прагнуть зруйнувати агрегативну стійкість домішок і в результаті здійснити повне або часткове їх видалення. Це досягається додаванням до води коагулянтів, реагентів, що застосовуються для коагуляції: сульфатів алюмінію, феруму (II і III), хлориду алюмінію і феруму (III), алюмінату натрію, оксихлориду алюмінію, або інших речовин, які сприяють послабленню агрегативної стійкості системи,

або внаслідок гідролізу утворюють колоїди, які сорбуюють домішки з води [1].

Воду, що очищується, підлуговують, якщо лужний резерв недостатній для задовільного гідролізу коагулянтів. Для підлуговування води і зв'язку утвореного під час гідролізу агресивного оксиду вуглецю (IV) застосовують гідроксид і карбонат натрію, карбонат кальцію і вапно, а також в невеликих кількостях аміак і аміачну воду.

В процесі підлуговування значення pH підтримують в межах 6,5 … 7,5. Це сприяє зменшенню залишкового вмісту алюмінію і заліза в очищеній воді і зменшенню їх корозійних властивостей.

Одним з найбільш істотних параметрів технологічного процесу очищення води коагуляцією є доза коагулянту і порядок введення реагентів. Її оптимальна величина залежить від властивостей дисперсної системи (води, що очищується): температури, кількості завислих і колоїднодисперсних речовин, колірності, іонного складу дисперсного середовища, значення pH та інших фізико-хімічних показників. У разі недостатнього дозування коагулянта або його неправильного введення у воду, що очищується, не досягають необхідного ефекту очищення, а в разі його надлишку – поряд з перевитратою дороговартісного реагенту, в деяких випадках може погіршитись процес коагуляції.

1.2 Очищення води флокулянтами

Для інтенсифікації процесу пластівцеутворення, збільшення швидкості осадження пластівців, підвищення якості очищеної води, а в ряді випадків і для коагуляції колоїдних домішок використовують деякі високомолекулярні речовини, так звані флокулянти. Зазвичай флокулянти застосовують разом з коагулянтами, так як вони сприяють розширенню оптимальних областей температур і pH коагулювання, знижують витрату коагулянтів, підвищують

щільність і міцність утворених агрегатів, стабілізують роботу очисних споруд і підвищують їх продуктивність.

Термін «флокуляція» трактують по-різному: в одному випадку під флокуляцією розуміють процес пластівцеутворення, взаємодія високомолекулярних речовин з частинками, що знаходяться у воді, з утворенням агрегатів (пластівців), що мають тривимірну структуру. В іншому випадку під флокуляцією розуміють процес пластівцеутворення за допомогою високомолекулярних речовин, який на відміну від процесу коагуляції протікає без зміни електричних властивостей частинок (подвійного електричного шару іонів).

Флокулянти зазвичай поділяють на три групи:
1) неорганічні (активна кремнієва кислота – активований силікат натрію);

2) природні органічні (крохмал);

3) синтетичні органічні (поліакриламід – ПАА).

Флокулянти – розчинні у воді лінійні полімери, що складаються з великого числа груп, з довжиною ланцюжка до 1 мкм. Молекулярна маса флокулянтів може досягати декількох мільйонів, а ступінь полімеризації 500 ÷ 5000 і більше [2].

Розчинені у воді флокулянти знаходяться або в нерозірваному стані, або дисоціюють на іони. В останньому випадку флокулянти називаються розчинними поліелектролітами. Залежно від складу полярних груп флокулянти поділяються наступним чином:

1) неіонні – полімери, що містять іонні групи (крохмаль, оксистилцелюлоза, полівініл, поліакрилонітрил тощо).

Принцип дії неіонних флокулянтів, що відносяться до нейтрального класу, полягає в утворенні зв'язків між молекулами полімеру і поверхнею завислих частинок забруднень. Суть процесу полягає в тому, що між атомами водню молекули полімеру і атомами кисню, азоту або будь-якого іншого, що знаходяться на завислих частинках забруднень, утворюються водневі зв'язки. Вони є слабшими, ніж звичайний хімічний ковалентний зв'язок, але за рахунок їх кількості достатньо міцно утримують молекули полімеру із завислими частинками забруднень;

2) аніонні – полімери, що містять аніонні групи (активна кремнієва кислота, поліакрилат натрію, альгінат натрію, тощо).

Флокулянти аніонного типу за рахунок наявного у них заряду підсилюють дію водневих зв'язків. Це відбувається за рахунок додаткової взаємодії аніонів флокулянта, що мають негативний заряд, з катіонами, що знаходяться на поверхні частинок забруднень, що мають позитивний заряд з утворенням додаткового хімічного зв'язку;

3) катіонні – полімери, що містять катіонні групи, наприклад, (поліетіленімін, ВА-2, ВА-102, ВА-212 та ін).

Катіонні флокулянти також утворюють додаткові хімічні зв'язки, між позитивно зарядженими катіонами полімеру і негативними аніонами на поверхні частинок забруднень. Крім утворення додаткових зв'язків, позитивно заряджені катіони нейтралізують негативний заряд завислих часток, від-штовхуючи їх один від одного, що ще більше активізує процес пластівцеутворення;

4) амфотерні – полімери, що містять одночасно аніонні й катіонні групи (гідролізований поліакриламід, білки та ін.). Тобто такі флокулянти проявляють катіонні, аніонні та нейтральні властивості в залежності від pH середовища. У кислотному вони поводяться як катіонні, в лужному – як

аніонні. Нейтральними, відповідно, вони стають в рівноважному середовищі [3].

На даний момент найбільш поширеними у водопідготовці є такі флокулянти:

- Поліакриламід (ПАА) – біла, аморфна, добре розчинна у полярних розчинниках речовина, що місить іонні групи. ПАА гідролізується водою, лугами і кислотами з утворюванням акрилової кислоти і її солей. ПАА відноситься до поліелектролітів, що дисоціюють у воді на високомолекулярний полівалентний аніон і катіон. Механізм дії цього флокулянта базується на адсорбції його молекул на частинках гідроксидів, що утворилися при гідролізі солей-коагулянтів. Із-за витягнутої форми молекули ПАА адсорбція відбувається в різних місцях з декількома частинками гідроксида, в результаті чого останні зв'язуються полімерними містками у важкі, крупні і міцні агрегати;
- Активна кремнієва кислота (АК) – неорганічний флокулянт, що являє собою колоїдний водний розчин оксиду кремнію (IV), що отримують внаслідок частинної чи повної нейтралізації силікату натрію. Утворені молекули кремнієвої кислоти, конденсуючись, виділяються із розчину у вигляді негативно заряджених колоїдних частинок. Механізм взаємодії АК і гідроксидів, які утворилися при гідролізі солей-коагулянтів, пояснюється взаємною коагуляцією різнойменно заряджених частинок [1];

- Флокулянт Besfloc — полімерний органічний синтетичний флокулянт на основі ПАА південнокорейської фірми «Kolon Life Science Inc.» — використовується для дестабілізації колоїдних суспензій, інтенсифікуючи процес водоочищення. Він володіє досить високою молярною масою, а, отже, надзвичайно швидко утворює «містки» між

пластівцями, перетворюючи «мікропластівці», що виникли в процесі коагуляції, на «макропластівці»;

- Флокулянт марки Zetag, виробництва Німеччини “Ciba Specialty Chemicals”, добре себе зарекомендував для очищення стічних вод, в яких присутня велика кількість аніонних ПАР. Реагенти серії Zetag застосовуються не тільки для очищення стічних вод в побутовій сфері, але і в промислових масштабах. Також Zetag застосовують для зневоднення шламів в нафтовій і металургійній промисловостях;

- Magnafloc – флокулянт німецького виробництва “Ciba Specialty Chemicals”. Він застосовується також для очищення стічних вод в побутовій і промисловій сфері. Сфери, де можна застосувати Magnafloc: молочне господарство, хімічна, харчова, паперова, фармацевтична, текстильна промисловість, збагачення мінеральних речовин. Крім цього Magnafloc використовують для збагачення і зневоднення руд, а також, для зневоднювання вугільних шламів [4].

1.3 Механічне фільтрування

Для забезпечення глибокого видалення з води грубодисперсних частинок, пластівців коагулянту і флокулянту, а також скоагульованих частинок застосовується фільтрування, тобто пропускання води через зернистий чи поруватий матеріал, завантажений в освітлювальні фільтри. Явище прилипання дрібних частинок, що містяться у воді, до поверхні зерен фільтруючого матеріалу під дією молекулярних сил притягання одержало назву контактної коагуляції. 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 вся товща зернистого завантаження фільтру і забезпечується високий ступінь освітлення [5].

За своєю фізичною сутністю процес взаємодії і злипання різнорідних частинок, що значно розрізняються за своїм розміром, 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.

Контактна коагуляція відіграє важливу роль в технології водопідготовки. Такий процес має місце при фільтруванні води крізь фільтри після коагулювання і попереднього освітлення. Разом з водою у фільтри надходять дрібні пластівці, що не встигли осісти в освітлювачах. При фільтруванні ці пластівці прилипають до зерен фільтруючого матеріалу і вода освітлюється. Основним фактором, що визначає ефект освітлення води фільтрами, є не співвідношення розмірів частинок, що надходять на фільтр, і пор у фільтруючому шарі, а здатність частинок прилипати до поверхні зерен, завантажених у фільтри, що є результатом хімічної обробки води коагулянтами. При фільтруванні стійкої суспензії, не обробленої коагулянтом, навіть досить великі частинки вільно проходять через фільтруючий матеріал. Навпаки, при фільтруванні коагульованої води у фільтруючому шарі затримуються частинки будь-яких розмірів аж до дрібних, чим досягається високий ефект освітлення води при порівняно високих швидкостях фільтрування [1].

Висновки: для виробництва попередньо очищеної природної води для міських котелень у технологічній схемі передбачені такі процеси як: коагуляція, флокуляція, а також механічне фільтрування.

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ

2.1 Характеристика продукції

Продукцією відділення виробництва попередньо очищеної природної води для міських котелень з використанням флокулянтів є вода, яка зазнала певної обробки шляхом освітлення і фільтрування через освітлювач та каскад механічних фільтрів.

Таблиця 2.1 – Норми якості обробленої води

Показники якості води	Освітлена вода
Вміст завислих частинок, мг/дм ^{3}	≤ 10
Жорсткість, мг-екв/ дм ^{3}	$1,8 \div 2,2$
Лужність, мг-екв/ дм ^{3}	$0,9 \div 1,2$
Вміст сполук заліза, мг/дм ^{3}	$\leq 0,3$
Окиснюваність, мг/дм ^{3}	$\leq 7,0$
Кремнієва кислота, мг/дм ^{3}	$4 \div 10$
pH	$9,9 \div 10,1$
Прозорість «за хрестом», см	≥ 30

2.2 Характеристика сировини

Вихідна вода до міської котельні потрапляє з берегової насосної станції, яка знаходиться на березі Дніпровської водопровідної станції міста Києва. Вода для більш ефективного очищення перед процесом коагуляції з вапнуванням нагрівається до 40 (±1) ºС в теплообміннику.

Склад вихідної води залежить від пори року, кількості опадів, водного транспорту та стічних вод заводів, що розташовані вище по течії.

У таблиці 2.2 наведено характеристику вихідної та освітленої води.

Таблиця 2.2 – Норми якості вихідної та освітленої води

Показники якості води	Вихідна вода	Освітлена вода
Вміст завислих частинок, мг/дм ^{3}	1 ÷ 10	≤ 10
Жорсткість, мг-екв/ дм ^{3}	3 ÷ 4,5	1,8 ÷ 2,2
Лужність, мг-екв/ дм ^{3}	2,5 ÷ 4,0	0,9 ÷ 1,2
Вміст сполук заліза, мг/дм ^{3}	0,35 ÷ 0,9	≤ 0,3
Окиснюваність, мг/дм ^{3}	5 ÷ 13	≤ 7
Кремнієва кислота, мг/дм ^{3}	8 ÷ 18	4 ÷ 10
pH	7 ÷ 8	9,9 ÷ 10,1
Солевміст, мг/дм ^{3}	120 ÷ 200	80 ÷ 120

2.3 Характеристика допоміжних матеріалів

Для здійснення процесу коагуляції з вапнуванням використовуються вапняне молоко та коагулянт з додаванням флокулянту, який прискорює перебіг процесу. Для їх приготування передбачено вапняне господарство та установки для приготування коагулянту та флокулянту.

У таблиці 2.3 наведено реагенти, що застосовуються у відділенні попереднього очищення.

Таблиця 2.3 – Реагенти, що використовуються у процесі коагуляції

№ п/п	Реагент, стандарт	Основна речовина, формула, сорт і % вміст
1	Купорос залізний технічний ГОСТ 6981-54	Коагулянт, $FeSO_4$ Марка А не менш ніж 53%
2	Вапно будівельне пові-тряне негашене ГОСТ 9179-70	Вапно, CaO Гідратна, 3-й сорт не менш ніж 50 %
3	Поліакриламід (ПАА)	Флокулянт, 8 %

У механічних фільтрах використовується в якості фільтруючого матеріалу кварцовий пісок з фракцією зерен 2 ÷ 4 мм. Використання такого характеризується високою ефективністю, низькою міжзерновою пористістю, стійкістю до механічних і хімічних впливів. Кварцовий пісок є хімічно інертним матеріалом і не змінює якість очищеної води.

3 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИЙНЯТОГО МЕТОДУ ВИРОБНИЦТВА, ХІМІЗМ, ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ І ОБҐРУНТУВАННЯ НОРМ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ

Головними стадіями для виробництва попередньо очищеної природної води для міських котелень з використанням флокулянтів є коагуляція та флокуляція.

Процеси коагуляції і флокуляції застосовуються для виділення завислих твердих часток з води, якщо швидкість їх природного осадження занадто мала, щоб забезпечити ефективне освітлення води.

Ефективність процесів коагуляції і флокуляції залежить від правильного вибору методів освітлення води, її пом'якшення вапном, ущільнення і зневоднення шламу. Наприклад, при очищенні поверхневих вод слід враховувати, що вихідна каламутна вода містить завислі речовини, у тому числі ті тверді речовини, частки яких легко осідають завдяки їх досить великому розміру, і дисперсні тверді речовини, частки яких важко піддаються осадженню. Значна частина цих твердих частинок, що важко осаджуються, може знаходитися в колоїдному стані [6].

3.1 Фізико-хімічні основи методу коагуляції

Колоїдні домішки, які містяться в природній воді, дозволяють розглядати її як гетерофазну систему, в якій вода представлена дисперсійним середовищем, а маса розподілених у воді колоїдних частинок – дисперсійною фазою [1]. Ці частинки являють собою дрібні агрегати кристалічної або аморфної будови. Завдяки величезній питомій поверхні колоїдних частинок вони володіють досить значною поверхневою енергією, а, отже, і високою адсорбційною ємністю.

Дисперсні системи поділяються на ліофільні та ліофобні. Відмінність у характері прояву сил міжмолекулярної взаємодії на межі поділу фаз дисперсної системи зумовлює різний механізм стабілізації та коагуляції ліофобних та ліофільних колоїдів. Ліофільні системи характеризуються сильною міжмолекулярною взаємодією часточок дисперсної фази з дисперсійним середовищем (водою), довільним диспергуванням і термодинамічною стійкістю системи. До ліофільних систем належать глини, мила, агрегати високомолеку-лярних сполук тощо, які утворюють у водному середовищі необмежено стійкі дисперсійні системи. Ліофобні системи характеризуються значною енер-гією зв'язку всередині дисперсної фази, яка значно перевищує енергію її взаємодії із середовищем. У цьому разі диспергування відбувається під дією зовнішніх сил – механічних і хімічних. Серед ліофобних колоїдів розрізняють седиментаційну та агрегативну стійкість. Седиментаційною називають стійкість дисперсії щодо сили гравітації. Розділення фаз у цьому випадку відбувається як осадженням часточок під дією сил гравітації, так і втратою агрегативної стійкості в результаті об'єднання часточок при додаванні електролітів та флокулянтів.

Отже, під агрегативною стійкістю розуміють здатність часточок протистояти злипанню. Тонкодисперсні колоїдні розчини (золі, мікроемульсії) відрізняються від грубодисперсних суспензій (зависей) високою агрегативною стійкістю.

Між колоїдними часточками діють сили притягання і відштовхування. Стійкість дисперсної системи залежить від хімічної природи поверхні часточок і визначається балансом сил притягання і відштовхування. Між часточками переважно діють сили притягання – сили Ван дер Ваальса, електростатичні сили відштовхування (в деяких випадках вони можуть зумовити притягання), структурні сили відштовхування, спричинені взаємодією адсорбованих макромолекул. Молекулярні та електростатичні сили є універсальними, дія яких спостерігається завжди, навіть у разі

переважання інших сил. Сили відштовхування адсорбованих молекул і структурні більш специфічні. Вони діють лише поблизу ліофільних або ліофілізованих (наприклад, за рахунок адсорбції поверхнево-активних речовин) поверхонь, перші – за наявності достатньо довгих адсорбційних шарів високомолекулярних сполук.

Встановлено, що в колоїдних системах коагулюючими є іони електролітів, які несуть протилежний часточці заряд (протиіони), і концентрація цих протиіонів зменшується в міру збільшення їхнього заряду. Це відбито в правилі Шульце-Гарді, коагулюючу дію чинить протиіон і коагулююча здатність зростає пропорційно деякому високому степеню його заряду. Мінімальна концентрація електроліту або іншого реагенту, що викликає перехід системи із стійкого в нестійкий стан, називається порогом коагуляції, або коагулюючою (критичною) концентрацією. Протиіони з однаковою величиною заряду, маючи близькі, пороги коагуляції, все-таки дещо різняться за своєю дією і розміщуються в такий ліотропний ряд: $Li^+ < Na^+ < K^+ < NH_4^+ < Rb^+ < Cs^+$. Звідси випливає, що чим сильніший гідратований іон, тим нижча його коагулююча здатність. Зазначені факти свідчать про іонно-електростатичний механізм стабілізації колоїдів [7].

Коагулянти, які використовують в технології водопідготовки, частіше всього є солями слабких основ і сильних кислот ($Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$, $FeSO_4$ тощо). При розчиненні вони гідролізують. Взаємодія з гідроксильними йонами, які містяться у воді, в результаті електролітичної дисоціації останньої, ці солі утворюють малорозчинні основи [1].

Гідроліз солі слабкої основи та сильної кислоти перебігає за реакцією:

$$MeA_n + nH_2O \Leftrightarrow Me(OH)_n + nHA \text{ або в іонній формі} \quad (3.1)$$

$$Me^{n+} + nH_2O \Leftrightarrow Me(OH)_n + nH^+, \quad (3.2)$$

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

У якості коагулянту в даному дипломному проекті використовується залізний купорос, гідроліз його у воді виражається наступним рівнянням:

$$FeSO_4 + 2H_2O \Leftrightarrow Fe(OH)_2 + H_2SO_4 \quad (3.3)$$

Оскільки розчинність $Fe(OH)_2$ велика і він здатний до дисоціації, рівновага гідролізу сильно зміщена ліворуч. Утворений $Fe(OH)_2$ під дією кисню, який розчинений у воді, окислюється до $Fe(OH)_3$:

$$4\,Fe(OH)_2 + O_2 + 2H_2O = 4\,Fe(OH)_3 \qquad (3.4)$$

Розчинність гідроокису заліза (III) дуже мала, а тому $Fe(OH)_3$ виділяється із розчину, утворюючи колоїдні частинки, які мають сильно розвинуту поверхню та велику адсорбційну властивість, що призводить до поглинання ними із розчину тих чи інших іонів [8].

Ще одним важливим моментом коагуляції є утворення в результаті гідролізу кислот (H_2SO_4 і HCl) . Навіть якщо природні води володіють невеликим лужним резервом, для запобігання зруйнуванню утворених осадів ($Fe(OH)_3$), тобто зсуву рівноваги у зворотний бік, процес коагуляції проводять одночасно з підлуженням води.

Утворення колоїдів також можливо в процесах осадження, наприклад, при пом'якшенні води вапном.

При обробці води в освітлювачі по технології вапнування протікають наступні реакції:

$$CO_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3\downarrow + H_2O \qquad (3.5)$$

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow 2CaCO_3\downarrow + 2H_2O \qquad (3.6)$$

$$Mg(HCO_3)_2 + 2Ca(OH)_2 \rightarrow Mg(OH)_2\downarrow + 2CaCO_3\downarrow + 2H_2O \qquad (3.7)$$

$$MgCl_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow Mg(OH)_2\downarrow + CaCl_2 \qquad (3.8)$$

$$MgSO_4 + Ca(OH)_2 \rightarrow Mg(OH)_2\downarrow + CaSO_4 \qquad (3.9)$$

Як видно із рівняння (3.5) при вапнуванні води видаляється вільна вуглекислота і утворюється важкорозчинна сполука, яка випадає в осад, – карбонат кальцію. При введені вапна в більшій кількості, чим це необхідно для зв'язування вільної вугільної кислоти, у воді підвищується вміст гідроксильних іонів (OH^-), що призводить до переходу бікарбонатів (HCO_3^-), які обумовлюють лужність вихідної води, в карбонати (CO_3^{2-}) згідно рівнянь (3.6) і (3.7), а також може бути перевищено добуток розчинності гідрооксиду магнію, який в цьому випадку виділиться в осад.

Утворювані карбонат кальцію і гідроксид магнію, випадають у вигляді осаду. Таким чином, знижується лужність та жорсткість вихідної води.

Некарбонатні сполуки магнію, що містяться у воді, також взаємодіють із вапном. При цьому магній у вигляді гідроокиду випадає в осад, проте зниження жорсткості не відбувається, так як постійно проходить заміна магнієвої жорсткості на постійну кальцієву (рівняння (3.8), (3.9)).

Спільне вапнування і коагуляція забезпечують найкращий ефект протікання обох процесів, так як $Ca(OH)_2$ являється постачальником гідроксил-іонів при гідролізі $FeSO_4$, що різко прискорює випадання осаду $Fe(OH)_3$ (рівняння (3.10)).

$$4FeSO_4 + 4Ca(OH)_2 + O_2 + H_2O \rightarrow 4Fe(OH)_3\downarrow + 4CaSO_4 \qquad (3.10)$$

У свою чергу, при видаленні колоїдних речовин в процесі коагуляції створюються сприятливі умови для росту кристалів $CaCO_3$. Отже, чим вище ефект коагуляції, тим повніше будуть протікати реакції пом’якшення води.

3.2 Фізико-хімічні основи процесу флокуляції

Теорія флокуляції, заснована на адсорбції макромолекули флокулянта на кількох частинках з утворенням полімерних містків, що зв'язують частки між собою, розроблена Ла Мером. Відповідно до цієї теорії процес адсорбції протікає в два ступені: спочатку кожна макромолекула прикріпляється кількома сегментами до однієї частки (первинна адсорбція), потім вільні сегменти закріплюються на поверхні інших частинок, пов'язуючи їх полімідними містками (другорядна адсорбція).

Можливі різні механізми закріплення макромолекул флокулянтів на поверхні частинок. Неіонні поліелектроліти закріплюються на частинках за допомогою полярних груп (найчастіше гідроксильних) завдяки утворенню водневих зв'язків між воднем і киснем гідроксиду, азотом та іншими атомами, що знаходяться на поверхні частинок. Хоча енергія водневого зв'язку значно

менше енергії хімічного зв'язку, велика кількість гідроксильних груп сприяє міцному закріпленню молекул флокулянта.

Аніонні флокулянти здатні закріплюватися на поверхні часток не тільки за допомогою водневих зв'язків, але і завдяки хімічної взаємодії (хемосорбції) аніонів з катіонами, що знаходяться на поверхні частинок.

Катіонні поліелектроліти, крім утворення агрегатів за механізмами, аналогічним вищенаведеним, сприяють флокуляції завдяки нейтралізації негативного заряду частинок. Відповідно до теорії флокуляції, заснованої на електростатичному взаємодії молекул флокулянта і частинок, основне значення має знак і величина заряду макроіонів і частинок. Внаслідок більшого електричного заряду макроіонів полімер здатний адсорбуватися на поверхні частинок, витісняючи іони простих електролітів [2].

Численні досліди показують, що введення у воду, яка містить негативно заряджені частинки колоїдних домішок, аніонних поліелектролітів (наприклад, поліакриламіду) не призводить до утворення пластівців незалежно від дози флокулянта та умов флокуляції (pH, температури і т. д.). Для успішної флокуляції необхідно попереднє зниження агрегатної стійкості дисперсної системи шляхом коагуляції електролітів.

Вплив різних факторів на процеси флокуляції [9]:

- Частинки твердої фази. Витрата флокулянта залежить від сумарної питомої поверхні частинок дисперсної фази. При незмінному розмірі частинок зберігається пропорційна залежність, між оптимальною дозою флокулянта і концентрацією твердих частинок.
- Розчинені у воді домішки. В присутності гідроксидів кальцію і магнію процес флокуляції поліакриламідом активізується. Хлорид калію і кальцію, а також карбонат калію практично не впливають на процес флокуляції. Великий вміст (більше 1 ÷ 4 г/дм^3) таких солей, як Na_2CO_3, K_2SO_4, Na_2HPO_4, Na_2SO_3, $Ca(NO_3)_2$, різко погіршує процес флокуляції поліакриламідом.

– Перемішування. Ефективність процесу флокуляції, розмір і щільність утворюються пластівців у великій мірі залежать від інтенсивності та тривалості перемішування. Інтенсивне перемішування скорочує час досягнення адсорбційної рівноваги, але при цьому зменшується кількість адсорбованого флокулянта, а також руйнується частина утворених при флокуляції агрегатів.

Зміна структури пластівців при перемішуванні відбувається внаслідок:

а) більш рівномірного розподілу макромолекул флокулянта, прикріплення більшого числа рухомих сегментів до більшого числа частинок;

б) адсорбції вільних сегментів на тих же частках і зменшення довжини полімерних мостиків;

в) руйнування агрегатів з укороченими містками з подальшою адсорбцією макромолекул на звільнених поверхнях частинок.

Очевидно, що в початковий момент перемішування більше значення має перший процес, в результаті якого утворюються відносно великі пластівці. При подальшому перемішуванні домінують другий і третій процеси.

– Кількість і молекулярна маса флокулянта. При оптимальній кількості доданого флокулянта утворюються не пов'язані між собою агрегати, здатні до швидкого осадження. При дуже малих чи великих кількостях полімеру може спостерігатися не флокуляція, а навпаки, стабілізація дисперсної системи. При надмірній кількості флокулянта у воді може також утворитися густа сітка асоційованих молекул полімеру, яка перешкоджає зближенню і агрегації частинок суспензії. На процес флокуляції впливає розмір макромолекул флокулянта (молекулярна маса). Зі збільшенням розміру макромолекул зростає кількість

сегментів, здатних до адсорбції на частинках. Це призводить до утворення більш великих агрегатів.

Найбільш ефективна флокуляція повинна спостерігатися при певному співвідношенні між розмірами частинок і макромолекул полімеру. Для зазвичай вживаних діапазонів молекулярних мас полімерів (до декількох мільйонів) збільшення розмірів макромолекул призводить до зниження оптимальної дози полімеру. При значному розходженні в розмірі частинок і макромолекул флокуляція ускладнюється.

– Вплив інших факторів. Зазвичай флокулянти (наприклад, поліакріламід) діють в широкому інтервалі pH води. У середовищах з різним значенням pH утворюються неоднакові за розмірами і щільностю флокули.

Оптимальний діапазон pH для різних флокулянтів різний. Наприклад, гідролізований поліакриламід слід використати в кислому або лужному середовищах.

Температура, очевидно, повинна впливати на процес флокуляції, хоча в тих діапазонах температур, в яких здійснюється коагуляційне і флокуляційне очищення природних і стічних вод, помітного впливу її на процес флокуляції не виявлено. Проте при низьких температурах води (0 ÷ 10 °C) рекомендується застосовувати флокулянти, вони різко прискорюють утворення пластівців.

На ефективність очищення води може впливати також послідовність введення коагулянту і флокулянта. Зазвичай попередня коагуляція дисперсної системи з подальшою флокуляцією забезпечує більш високу ступінь очищення.

4 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ

Вода з річки Дніпро поступає у теплообмінник 1, де підігрівається до 40 (±1) °С, далі за допомогою насосів вихідної води надходить в освітлювач 2. В освітлювач поступово також дозуються реагенти, а саме: коагулянт $FeSO_4$ (з витратного баку розчину коагулянту 9), вапняне молоко $Ca(OH)_2$ (з витратного баку розчину $Ca(OH)_2$ 11) і флокулянт ПАА (з витратного баку розчину флокулянту 6). Дозовані розчини реагентів роздільно вводяться в нижню частину освітлювача – камеру змішування за допомогою тангенціально розташованих сопел. Обертальний рух води сповільнюється за допомогою перфорованих вертикальних перегородок, а вирівнювання швидкості підйому води здійснюється горизонтальними решітками. Тверда фаза, що виділяється, підтримується водою у зваженому стані, причому максимальний рівень осаду підтримується на 1,5 м нижче верхнього збірного пристрою, у результаті чого утворюється захисний шар освітленої води. Основна частина води, піднімаючись, проходить шар зваженої фази і захисну зону, звільняючись при цьому від суспензії, збирається в кільцевому жолобі і виводиться з освітлювача. Менша частина води (10 – 15 %) з верхньої частини зваженого шару разом із твердою фазою надходить через шламоприймальні вікна в шламоущільнювач, у якому через відсутність висхідного руху шлам відстоюється, частково зневоднюється і видаляється по лінії постійної чи періодичної продувки. Звільнена від осаду вода відводиться від шламоущільнювача і подається по трубопроводу в збірний жолоб освітлювача. Для видалення піску, що накопичується, і інших грубодисперсних домішок у нижній частині освітлювача роблять періодичну продувку.

Розчин ПАА готують у баці 6 за допомогою механічної мішалки 5, де передбачається його розчинення з диспергуванням 8 – 10 %-го гелю ПАА з доведенням його концентрації до 0,1 ÷ 1,0 % ПАА. Після проведених

операцій розчин флокулянту за допомогою насоса-дозатора дозується в освітлювач.

Коагулянт подається на спеціально захищену від корозії механічну мішалку 7 разом з водою для змішування до одержання концентрованого розчину. Після змішування через фільтр розчину коагулянту 8 подається до витратного баку розчину коагулянту 9, а потім до освітлювача за допомогою насоса-дозатора.

Після попереднього гасіння вапна та очищення одержаного вапняного молока від нерозчинених домішок, його разом з водою подають на механічну мішалку 10 для отримання потрібної концентрації розчину. Далі насосами-дозаторами вапняне молоко поступово перекачується до освітлювача 2.

Після освітлювача вода збирається в баку вапнованої води 12, звідки насосом подається на ряд механічних фільтрів 13, де очищується від дрібнодисперсних домішок, які не осіли в освітлювачі. Фільтрат, що використовують для власних потреб установки збирають у баці освітленої води 14, решта частина фільтрату подають у відділення іонного обміну.

5 РОЗРАХУНОК МАТЕРІАЛЬНИХ ПОТОКІВ, РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ОСНОВНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО АПАРАТУ

Вихідні дані для розрахунку освітлювача:

Склад вихідної води, ммоль-екв/дм^3:

$$[Ca^{2+}] = 5{,}23; \qquad [HCO_3^-] = 2{,}39;$$

$$[Na^+] = 0{,}69; \qquad [NO_3^-] = 0;$$

$$[Mg^{2+}] = 0{,}92; \qquad [SO_4^{2-}] = 2{,}99.$$

Продуктивність установки без урахування витрати води на власні потреби освітлювача і механічних фільтрів складає:

$$Q = 195 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Прийнято дозу коагулянту 0,7 ммоль-екв/дм^3, дозу ПАА – 1 ммоль/дм^3, залишкову лужність не менш 0,7 ммоль-екв/дм^3.

Дозу вапна визначено за рівнянням:

$$Д_{в.} = [CO_2]_{в.в.} + [HCO_3^-]_{в.в.} - [HCO_3^-]_{зал.} + Д_{к.},$$

де $[CO_2]_{в.в.} = CO_{2\,в.в.} / E_{CO_2}$,

де $CO_{2\,в.в.}$ – вміст вільної вуглекислоти у вихідній воді, мг/дм^3;

E_{CO_2} – еквівалентна маса CO_2, мг-екв/моль;

$Д_{к.}$ – доза коагулянту, ммоль-екв/дм^3.

$$Д_{в.} = 21/22 + 2{,}39 - 0{,}7 + 0{,}7 = 3{,}34 \text{ ммоль-екв/дм}^3.$$

Вапном осаджується HCO_3^- у кількості:

$$[HCO_3^-]_{осадж.} = [HCO_3^-]_{в.в.} - [HCO_3^-]_{зал.},$$

$$[HCO_3^-]_{осадж.} = 2{,}39 - 0{,}7 = 1{,}69 \text{ ммоль-екв/дм}^3.$$

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:

$$[Ca^{2+}]_{вап.в.} = [Ca^{2+}]_{в.в.} + Д_{в.} = 5{,}23 + 3{,}34 = 8{,}57 \text{ ммоль-екв/дм}^3.$$

Кальцій осаджується у вигляді $CaCO_3$, зв'язуючись з іонами HCO_3^- у кількості 1,69 ммоль-екв/дм^3.

Залишковий вміст кальцію у вапнованій воді :

$[Ca^{2+}]_{зал.} = [Ca^{2+}]_{вап..в.} - [HCO_3^-]_{осадж.} = 8,57 - 1,69 = 6,88$ ммоль-екв/дм ^{3} .

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

Вміст сульфатів збільшується за рахунок дозування коагулянту $FeSO_4$:

$$[SO_4^{2-}]_{вап.в.} = [SO_4^{2-}]_{в.в.} + Д_{к.},$$

$$[SO_4^{2-}]_{вап.в.} = 2,99 + 0,7 = 3,69 \text{ ммоль-екв/дм}^3 .$$

Вміст хлоридів у воді не змінюється.

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

$$Q_{ш.} = C_{зв.р.} + 50 \cdot (Ж_{Ca^{2+}} + Д_{в.}) + 56 \cdot \alpha_{д.} \cdot Д_{в.} + 78 \cdot Д_{к.},$$

де $C_{зв.р.}$ – кількість завислих речовин у вихідній воді, г/м ^{3} ;

$\alpha_{д.}$ – кількість домішок у вапняному молоці, що дозується (20-50%), частки од.

$$Q_{ш.} = 141 + 50 \cdot (5,23 + 3,34) + 56 \cdot 0,5 \cdot 3,34 + 78 \cdot 0,7 = 717,62 \text{ г/м}^3 .$$

Величина продувки освітлювача визначається за формулою:

$$p = (Q_{ш.} - C_{зв.р.}^{зал.}) \cdot 100 / 1000 / \delta_{ср.},$$

де $C_{зв.р.}^{зал.}$ – залишковий вміст завислих речовин у воді після освітлювача, г/м ^{3} ;

$\delta_{ср.}$ – середня концентрація завислих речовин в шламоущільнювачі, г/дм ^{3} .

$$p = (717,62 – 10) \cdot 100/1000/27 = 2,62 \%.$$

Отже, із продувкою видаляється наступна кількість води:

$$V_{H2O}^{прод.} = Q \cdot 1,1 \cdot p / 100 = 195 \cdot 1,1 \cdot 2,62/100 = 5,62 \text{ м}^3 \text{/год.}$$

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

$$Q_{в.}^{доб} = 24 \cdot 28,04 \cdot Q \cdot 1,1 \cdot Д_{в.}/1000 = 24 \cdot 28,04 \cdot 195 \cdot 1,1 \cdot 3,34/1000 =$$
$$= 482,13 \text{ кг/добу}$$

Витрата вапняного молока на добу визначається:

$$V_{в.}^{доб} = Q_{в.}^{доб.} \cdot 100/1000/C_{в.м.}/\rho_{в.м.},$$

де $C_{в.м.}$ – масова концентрація вапняного молока, % ;

$\rho_{в.}$ – густина вапняного молока, кг/м ^{3} ;

$$V_{в.}^{доб} = 482,13 \cdot 100/5/1040 = 9,27 \text{ м}^3 \text{/добу.}$$

Кількість води для приготування вапняного молока:

$$V_{H2O}^{в.м.} = (V_{в.}^{доб} \cdot \rho_{в.м.} - Q_{в.}^{доб})/24 = (9{,}27 \cdot 1040 - 482{,}13)/24 =$$

$$= 381{,}61 \text{ кг/год} = 0{,}38 \text{ м}^3 \text{/год.}$$

Витрата 5%-вого вапняного молока на один освітлювач:

$$Q_{в.}^{1} = V_{в.}^{доб} / 24/ N,$$

де N – кількість освітлювачів, шт.

$$Q_{в.}^{1} = 9{,}27/24 = 0{,}39 \text{ м}^3 \text{/год.}$$

Витрата коагулянту визначається за формулою:

$$Q_{к.}^{доб} = 24 \cdot Q \cdot 1{,}1 \cdot E_к \cdot q_{к.}/1000 ,$$

де $E_к$ – еквівалентна маса безводного коагулянту $FeSO_4$, г-екв/моль;

$q_{к.}$ – максимально необхідна доза коагулянту, ммоль-екв/дм ^{3} ;

$$Q_{к.}^{доб} = 24 \cdot 195 \cdot 1{,}1 \cdot 78 \cdot 0{,}7/1000 = 281{,}08 \text{ кг/добу.}$$

Витрата 5%-го розчину коагулянту визначається за формулою:

$$V_{к.}^{доб} = Q_{к.}^{доб} \cdot 100/1000/C_{к.}/\rho_{к.} ,$$

де $C_{к.}$ – концентрація безводного коагулянту, %;

$\rho_{к.}$ – густина 5%-вого розчину коагулянту, кг/м ^{3} ;

$$V_к^{доб} = 281{,}08 \cdot 100/5/1048 = 5{,}36 \text{ м}^3 \text{/добу.}$$

Кількість води для приготування розчину коагулянту:

$$V_{H2O}^{к} = (V_к^{доб} \cdot \rho_{к.} - Q_к^{доб})/24 = (5{,}36 \cdot 1048 - 281{,}08)/24 =$$

$$= 222{,}34 \text{ кг/год} = 0{,}22 \text{ м}^3 \text{/год.}$$

Витрата 5%-вого розчину коагулянту на один освітлювач:

$$V_{к.1} = V_{к.}^{доб} / 24/ N,$$

$$V_{к.1} = 5{,}36/24 = 0{,}22 \text{ м}^3 \text{/год.}$$

Витрата ПАА на добу:

$$Q_{ПАА}^{доб} = 24 \cdot Q \cdot 1{,}1 \cdot Д_{ПАА}/1000 ,$$

де $Д_{ПАА}$ – доза ПАА, ммоль/дм ^{3} .

$$Q_{ПАА}^{доб} = 24 \cdot 195 \cdot 1{,}1 \cdot 1 /1000 = 5{,}15 \text{ кг/добу.}$$

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

$$V_{ПАА}^{доб} = Q_{ПАА}^{доб} \cdot 100/0{,}1/\rho_{ПАА} = 5{,}15 \cdot 100/0{,}1/1200 = 4{,}29 \text{ м}^3$$

$$\text{/добу.}$$

Кількість води для приготування розчину ПАА:

$$V_{H2O}^{паа} = (V_{ПАА}^{доб} \cdot \rho_{ПАА} - Q_{ПАА}^{доб})/24 = (4{,}29 \cdot 1200 - 5{,}15)/24 =$$

$$= 214{,}29 \text{ кг/год} = 0{,}21 \text{ м}^3\text{/год.}$$

Сумарна витрата води на власні нестатки освітлювача:

$$V_{в.н.}^{осв.} = V_{H2O}^{прод.} + V_{H2O}^{в.м.} + V_{H2O}^{к.} + V_{H2O}^{паа} =$$

$$= 5{,}62 + 0{,}38 + 0{,}22 + 0{,}21 = 6{,}43 \text{ м}^3\text{/год.}$$

Для забезпечення заданої продуктивності прийнято до установки один освітлювач ВТИ-250 И, продуктивністю по 250 м³ /год, і один резервний.

6 РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ДОПОМІЖНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

6.1 Розрахунок механічних фільтрів

Необхідна площа фільтрування приблизно визначається за формулою:

$$F' = Q_o / \omega = (195 + 6{,}43) \cdot 1{,}1/10 = 22{,}16 \text{ м}^2 ,$$

де Q_o – продуктивність фільтрів за проясненою водою з урахуванням витрати води на власні нестатки, м³ /год;

ω – швидкість фільтрування при нормальному режимі роботи фільтрів, м/год.

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

$$f' = F' / n ,$$

де n – число фільтрів.

$$f' = 22{,}16/3 = 7{,}39 \text{ м}^2 .$$

Підібрано площу фільтрів, що випускаються серійно заводами, з округленням отриманого значення у бік збільшення ($f > f'$).

Встановлено чотири стандартних однокамерних фільтри площею фільтрування $f = 9{,}1$ м², діаметром D = 3400 мм, висотою шару 1000 мм, один з яких резервний [5].

Витрата води на розпушення кожного фільтра, визначається за формулою:

$$q_{розп} = f \cdot i \cdot t_{розп} \cdot 60/1000 ,$$

де f – площа фільтрування кожного фільтра, м² ;

i – інтенсивність розпушення фільтра, дм³ /(с·м²);

$t_{розп}$ – тривалість розпушення фільтра, хв;

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

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

$$Q_{відм} = f \cdot \omega \cdot t_{відм} /60 ,$$

де ω – швидкість фільтрування, м/год;

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

$$q_{відм} = 9,1 \cdot 4 \cdot 10/60 = 6,07 \text{ м}^3 .$$

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

$$q_г = (q_{розп} + q_{відм}) \cdot m \cdot n/24 ,$$

де m – кількість відмивань кожного фільтра на добу, приймається рівним 1 ÷ 3;

$$q_г = (27,3 + 6,07) \cdot 2 \cdot 3/24 = 8,34 \text{ м}^3 \text{/год.}$$

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

$$Q_{в.н.} = Q_о + q_г = 201,43 + 8,34 = 210 \text{ м}^3 \text{/год.}$$

Дійсна швидкість фільтрування при роботі усіх фільтрів дорівнює:

$$\omega_n = Q_{в.н.} /n/f = 210/3/9,1 = 7,69 \text{ м/год} .$$

Під час вимикання одного з фільтрів на промивання:

$$\omega_{n-1} = Q_{в.н.} /(n - 1)/f = 210/(3 - 1)/9,1 = 11,54 \text{ м/год} .$$

Прийнято до установки чотири механічних фільтрів площею фільтрування по 9,1 м² .

6.2 Баки для розчину коагулянту

Розчин коагулянту заготовлено на 24 год. Об'єм 10 % -вого розчину коагулянту:

$$V_{к.}^{доб} = Q_{к.}^{доб} \cdot 100/1000/10/\rho_{к.}$$

де 10 – концентрація безводного коагулянту, %;

$\rho_к$ – густина 10 %-вого розчину коагулянту, кг/м³ ;

$$V_{к}^{доб} = 281{,}08 \cdot 100/10/1051 = 2{,}67\ м^3/добу.$$

Об'єм баку для 10 % -вого розчину коагулянту визначено за формулою:

$$V_{Б.} = V_{к}^{доб} \cdot 1{,}3 = 2{,}67 \cdot 1{,}3 = 3{,}47\ м^3$$

Встановлено один розчинний бак для 10% розчину коагулянту об'ємом 4 $м^3$.

Об'єм 5 % -вого розчину коагулянту становить:

$$V_{к.}^{доб} = Q_{к.}^{доб} \cdot 100/1000/5/\rho_к,$$

де 5 – концентрація безводного коагулянту, %;

$\rho_к$ – густина 5 % -вого розчину коагулянту, кг/$м^3$;

$$V_{к}^{доб} = 281{,}08 \cdot 100/5/1048 = 5{,}36\ м^3/добу.$$

Об'єм баку для 5%-вого розчину коагулянту:

$$V_{Б.} = V_{к}^{доб} \cdot 1{,}3 = 5{,}36 \cdot 1{,}3 = 7{,}0\ м^3$$

Встановлено один видатковий бак для 5% розчину коагулянту об'ємом 7 $м^3$ і один резервний бак об'ємом 7 $м^3$, що може бути використаний, як розчинний, так і видатковий.

6.3 Насоси-дозатори розчину коагулянту

На кожен із двох освітлювачів необхідно подавати по 0,22 $м^3$/год розчину коагулянту. Прийнято до установки два насоси дозатори розчину коагулянту типу НД400/16, продуктивністю 0,4 $м^3$/год, напір нагнітання 160 м вод. ст. з електродвигуном ВАО-21-4, потужністю 1,1 кВт, кількість насосів один, а також один резервний.

6.4 Бак для розчину вапняного молока

Об'єм вапняного молока:

$$V_{в.}^{доб} = Q_{в.}^{доб.} \cdot 100/1000/5/\rho_в$$

де 5 – концентрація вапняного молока, %;

$\rho_{в.}$ – густина вапняного молока, кг/$м^3$;

$$V_{в.}^{доб} = 482,13 \cdot 100/5/1040 = 9,3 \text{ м}^3 \text{ /добу.}$$

Об'єм баку для 5 %-вого розчину вапняного молока:

$$V_{Б.} = V_{В.}^{доб} \cdot 1,3 = 9,3 \cdot 1,3 = 12,1 \text{ м}^3.$$

Встановлено три баки для розчину вапняного молока місткістю 4 $м^3$ і один резервний.

6.5 Насоси-дозатори вапняного молока

На кожен із двох освітлювачів необхідно подавати по 0,38 $м^3$/год розчину вапняного молока. Прийнято до установки два насоси дозатори розчину коагулянту типу НД400/16, продуктивністю 0,4 $м^3$/год, напір нагнітання 160 м чи мм вод. ст. з електродвигуном ВАО-21-4, потужністю 1,1 кВт, кількість насосів один, а також один резервний.

6.6 Бак вапнованої води

Об'єм вапнованої води:

$$V_{В.Б.} = 201,43 \cdot 1,3 = 262 \text{ м}^3.$$

Прийнято до установки два баки для вапнованої води ємністю 160 $м^3$ і один резервний.

6.7 Установка для приготування розчину ПАА

Прийнято установку для приготування розчину ПАА типу УРП-2М продуктивністю 6 кг/год. Встановлено одну бак-мішалку для 1%-вого розчину ПАА, об'ємом 2 $м^3$. Встановлено циркуляційний перекачувальний насос типу 2к-20/30а, продуктивністю 20 $м^3$/год, Н = 25,2 м вод. ст. з електродвигуном, у якого n = 2900 об/хв і N = 4,5 кВт. Встановлено електродвигун типу АО2-46-2, N = 4 кВт, n = 960 об/хв.

6.8 Бак освітленої води

Розпушування вертикальних освітлювальних фільтрів для запобігання викиду першого, недостатньо освітленого фільтрату, виконується освітленою водою, для чого встановлено бак освітленої води, який у випадку необхідності можна одночасно використовувати як накопичувач освітленої води для власних потреб, а також наступних стадій обробки води.

Об’єм баку освітленої води визначається за формулою:

$$V_{ОСВ.Б.} = 210 \cdot 1{,}3 = 273 \text{ м}^3.$$

Прийнято до установки два баки для освітленої води ємністю 160 м^3 і один резервний.

7 АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА

Складність і висока швидкість протікання технологічних процесів у хімічній промисловості, їх чутливість до порушень режиму, а також підвищені вибухо- та пожежонебезпечність і шкідливість умов роботи спричиняють

підвищену увагу до питань автоматизації хіміко-технологічних процесів. Автоматичні контроль та керування технологічними процесами забезпечують високу якість продукції, раціональне використання сировини та енергії, подовження термінів міжремонтного періоду роботи устаткування, підвищення обсягів випуску й якості продукції, зменшення чисельності технічного персоналу.

Для надійної експлуатації обладнання, підтримки оптимальних технологічних параметрів, використання обладнання на повну потужність, застосовують системи автоматичного регулювання та контролю, що дозволяють підвищити безпеку роботи устаткування і поліпшують умови роботи персоналу.

7.1 Аналіз технологічного процесу як об’єкта автоматизації

На підставі аналізу особливостей технологічного процесу виробництва попередньо очищеної природної води для міських котелень з використанням флокулянтів (опис схеми представлений у розділі 4), його апаратурного оформлення та норм технологічного режиму необхідно забезпечити такий рівень автоматизації виробництва:

– контроль температури вихідної води;

– контроль і регулювання витрати вихідної води;

– контроль і регулювання витрати вапняного молока, коагулянту та флокулянту в освітлювач;

– контроль і регулювання рівня води в освітлювачі та витратних баках;

– контроль pH вапнованої води;

– дистанційне керування електроприводами;

– контроль та сигналізація перепаду тиску на механічному фільтрі та фільтрі розчину коагулянту;

– контроль і регулювання рівня вапнованої води у баку та освітленої води у баку.

Параметри контролю та регулювання виробництва наведено у таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 − Параметри контролю та керування виробництвом

№ пор.	Назва стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра	Назва контрольованого чи регульованого параметра	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до рівня автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
1	2	3	4	5
1	Теплообмінник	Температура	40 °С	контроль, регулювання
2	Освітлювач	Рівень	2,3 м	контроль, регулювання
3	Мішалка розчину вапняного молока, коагулянту, флокулянту	Рівень	1,5 м	контроль, регулювання
4	Витратні баки	Рівень	3 м	контроль, регулювання
5	Трубопровід 1в	pH	9…10	контроль, регулювання
6	Механічний освітлювальний фільтри	Перепад тиску	0,6 МПа	контроль, сигналізація
7	Фільтр розчину коагулянту	Перепад тиску	0,3 МПа	контроль, сигналізація
8	Трубопроводи 1 вх, 1в, 29	Витрата		контроль, регулювання
9	Бак вапнованої води	Рівень	3 м	контроль, регулювання
10	Бак освітленої води	Рівень	3 м	контроль, регулювання

7.2 Опис розробленої схеми автоматизації процесу

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. Схема автоматизації включає низку контурів автоматичного
контролю і регулювання режимних параметрів технологічного процесу.

Контроль і регулювання витрати вихідної води в трубопроводах забезпечують контури 1 і 9, які складаються з первинного перетворювача витрати (поз. 1-1, 9-1), проміжного перетворювача (1-2, 9-2), вторинного показувального та реєструвального приладу (1-3, 9-3), регулювального блока (1-4, 9-4), виконавчого механізму (1-5, 9-5).

Контроль температури вихідної води у підігрівачі здійснює контур 2, який включає первинний вимірювальний перетворювач температури (2-1), вторинний показувальний та реєструвальний прилад (2-2).

Контури 3, 4, 6, 7, 11 застосовують для контролю і регулювання рівнів розчину флокулянту у механічній мішалці 5, коагулянту у механічній мішалці 7, вапняного молока у механічній мішалці 10, рівня води у витратному баку розчину флокулянту 6, у витратному баку розчину коагулянту 9, у витратному баку розчину вапняного молока 11, в освітлювачі 2, в баку вапнованої води 12, в баку освітленої води 14. Контури містять рівнеміри з первинними перетворювачами (3-1, 4-1, 6-1, 7-1, 11-1), пневматичні показувальні та реєструвальні вторинні прилади із вбудованими регуляторами (3-2, 4-2, 6-2, 7-2, 11-2) та пневматичні виконавчі механізми (3-3, 4-3, 6-3, 7-3, 11-3).

Для контролю pH в трубопроводі перед подачею води до механічного освітлювального фільтра 13 розроблено контур 8. Він складається з первинного перетворювача pH (8-1), проміжного перетворювача (8-2), електропневматичного перетворювача (8-3), вторинного показувального та реєструвального приладу (8-4).

Контури 5 та 10 забезпечують контроль та сигналізацію перепаду тиску в механічному освітлювальному фільтрі 13 та фільтрі розчину коагулянту 8. Контури містять вимірювальні перетворювачі різниці тисків (5-1, 10-1), показувальні та реєструвальні прилади із вбудованим пристроєм сигналізації (5-2, 10-2), сигнальні світлодіодні лампи із жовтим індикатором (HL3), (HL4).

Дистанційне керування роботою електроприводу нагнітачів здійснюється однотипними контурами, кожен з яких включає магнітний пускач безконтактний (МП1) кнопку запобіжного вимикання (SA1), пост управління кнопковий (SB1, SB2), лампи сигнальні світлодіодні (HL1), (HL2).

Висновки: у цьому розділі пояснювальної записки на підставі аналізу технологічної схеми, норм технологічного режиму та апаратурного оформлення технологічного процесу визначено необхідний рівень автоматизації виробництва, а також розроблено спрямовану на його забезпечення схему автоматизації.

8 ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ

Техніко-економічні розрахунки відділення попереднього очищення води

Водопідготовка на даний момент є досить актуальним процесом як для задоволення промислових, так і господарських потреб. Метою даного дипломного проекту є виробництво попередньо очищеної природної води для міських котелень з використанням флокулянтів для подальшого задоволення потреби споживача у гарячому водопостачанні та опаленні, а також отримання води, як якісного теплоносія.

Здійснення попереднього очищення води забезпечить довготривалу роботу апаратів:

- зменшить корозійний вплив;
- попередить і сповільнить процес утворення накипу;
- покращить показники якості води тощо.

Завданням даного розділу є розрахунок техніко-економічних показників відділення попереднього очищення води.

8.1 Організаційна структура підприємства

Посади та схема підпорядкування підприємства відображені на рисунку 8.1.

Директор визначає, формулює, планує, здійснює і координує всі види діяльності підприємства, визначає напрями розвитку підприємства у формуванні цінової, кредитно-банківської, податкової та страхової політики. Організовує роботу і ефективну взаємодію виробничих одиниць, направляє їх на удосконалення виробництва.

Бухгалтер виконує роботу з ведення бухгалтерського обліку майна, зобов'язань і господарських операцій (облік основних засобів, товарно-матеріальних цінностей, витрат на виробництво, реалізації продукції, резуль-

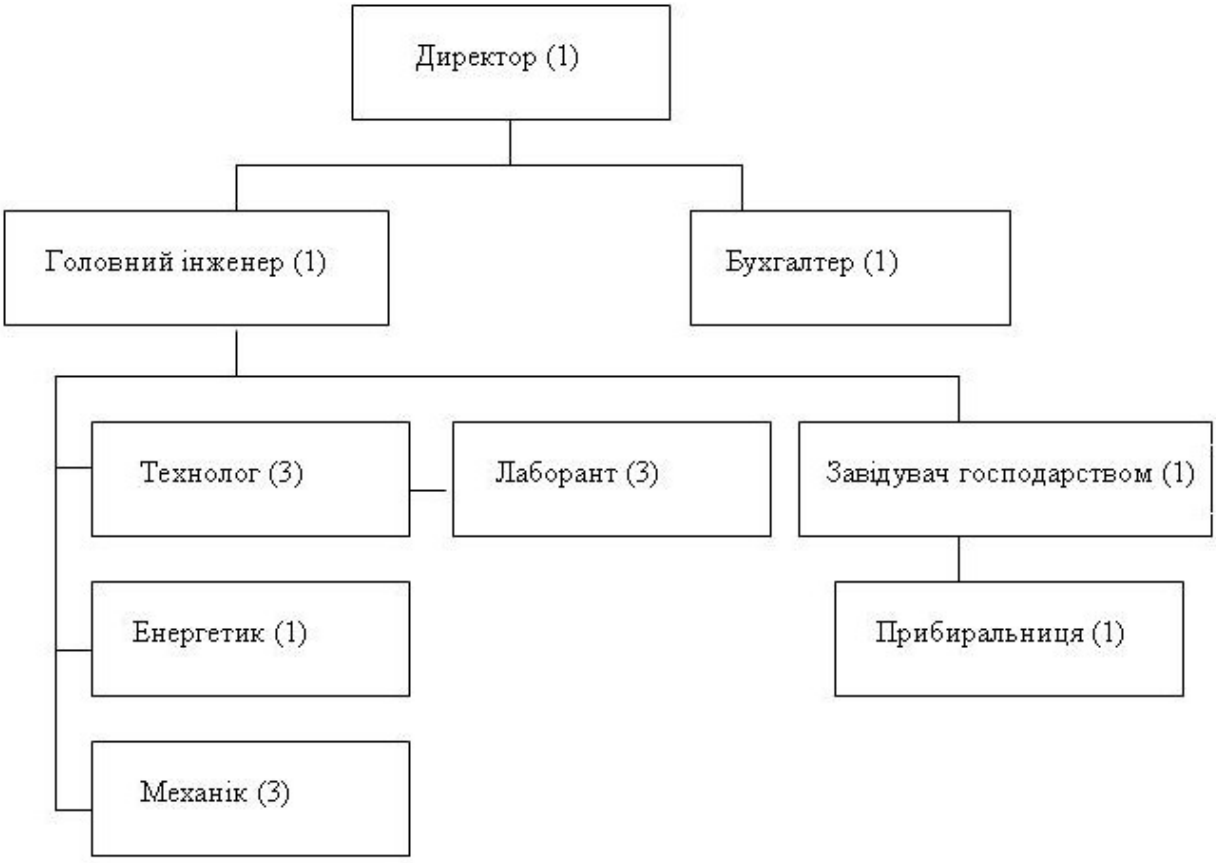

Рисунок 8.1 – Схема організаційної структури підприємства

татів господарсько-фінансової діяльності; розрахунки з постачальниками та замовниками, за надані послуги тощо). Здійснює прийом і контроль первинної документації по відповідним ділянках бухгалтерського обліку і готує їх до рахункової обробки. Робить нарахування та перерахування податків і зборів у державний, регіональний та місцевий бюджети.

Головний інженер визначає науково-технічну політику, перспективи розвитку підприємства і шляхи реалізації комплексних програм з усіх напрямів удосконалення, реструктуризації, реконструкції і технічного переозброєння виробництва, його спеціалізації та кооперування. Забезпечує постійне підвищення рівня технічної підготовки виробництва, його ефективності, скорочення матеріальних, фінансових і трудових витрат на виробництво

продукції, робіт (послуг), їх високу якість, довговічність згідно з державними стандартами, технічними умовами і вимогами конструювання, раціональне використання виробничих фондів і всіх видів ресурсів. Керує розробкою

перспективних планів розвитку підприємства, реконструкції та модернізації, заходів щодо запобігання шкідливому впливу виробництва на навколишнє середовище, дбайливого використання природних ресурсів, створення сприятливих і безпечних умов праці і високої культури виробництва.

Технолог організовує розроблення і впровадження прогресивних, економічно обґрунтованих ресурсо- та природозберігаючих технологічних процесів і режимів виробництва продукції, що випускає підприємство, виконання робіт (послуг), які забезпечують підвищення рівня технологічної підго-товки і технічного переоснащення виробництва, скорочення витрат сировини, матеріалів, трудових витрат, поліпшення якості продукції, робіт (послуг) та зростання продуктивності праці. Керує складанням планів упровадження нової техніки і технології, підвищення техніко-економічної ефективності виробництва, розробленням технологічної документації, організовує контроль за забезпеченням нею цехів, дільниць та інших виробничих підрозділів підприємства. Розглядає та затверджує зміни, що вносяться до технічної документації у зв'язку з коригуванням технологічних процесів і режимів виробництва.

Інженер-енергетик організовує технічно правильну експлуатацію і своєчасний ремонт енергетичного та природоохоронного устаткування і енергосистем, безперервне забезпечення виробництва електроенергією, здійснює контроль за раціональними витратами енергетичних ресурсів на підприємстві, послідовне додержання режиму енергозбереження та економії. Керує плануванням роботи електриків, розробкою графіків ремонту енергетичного устаткування і енергомереж, планів виробництва та споживання підприємством електроенергії.

Інженер-механік забезпечує безперебійну і технічно правильну експлуатацію та надійну роботу устаткування, утримання його в працездатному стані з потрібним рівнем точності. Організовує розроблення планів (графіків) оглядів, випробувань та профілактичних ремонтів устаткування згідно з положеннями системи планово-запобіжного ремонту,

затверджує ці плани та контролює їх виконання, забезпечує технічну підготовку виробництва.

Лаборант виконує під керівництвом більш кваліфікованого працівника аналізи і випробування з метою визначення хімічного складу й основних властивостей матеріалів відповідно до вимог стандартів і технічних умов. Приймає технологічні проби і зразки для проведення аналізів і випробувань. Оформлює результати аналізів і випробувань, веде їх облік, готує технічну документацію на роботи, які виконуються лабораторією. Своєчасно повідомляє відповідним підрозділам підприємства про результати аналізів і випробувань.

Завідувач господарством організовує забезпечення підприємства усіма необхідними для його виробничої діяльності матеріальними ресурсами (напівфабрикатами, інструментами, господарським інвентарем і т.п.). Проводить нагляд за матеріально-технічним станом офісних і виробничих приміщень. Координує роботу по усуненню поточних поломок, недоліків, які перешкоджають роботі підприємства. Розробляє і реалізує способи зручної експлуатації території підприємства.

Прибиральниця робить прибирання приміщень підприємства. Миє із застосуванням миючих засобів стіни, підлоги, віконні рами, скло і дверні блоки, чистить і дезінфікуває санітарно-технічне устаткування. Видаляє пил зі стін, стелі, меблів у ручну, віниками, щітками і очищає урни від сміття. Збирає сміття на закріпленій території і відносить його в сміттєзбиральник.

8.2 Технологічна підготовка виробництва

8.2.1 Класифікація виробничих процесів

У технологічній схемі спосіб виробництва відображається шляхом послідовного опису операцій:

1. Підготовка та налаштування обладнання.
2. Вхідний контроль вихідної води з природного джерела води.

3. Надходження води до теплообміннику, де вода нагрівається до 40 (±1) °С.

4. Надходження води до освітлювача з подачею реагентів (додавання коагулянту і флокулянту) для початку процесу очищення, а також дозування вапна для збільшення ефективності протікання даного процесу.

5. Надходження води до механічних фільтрів для видалення з неї завислих і колоїдних домішок.

6. Надходження води до накопичувального баку, де зберігається хімічно очищена вода.

7. Здійснення вихідного контролю якості продукції.

8. Подача води до цеху іонного обміну для здійснення подальшої обробки води.

Всі виробничі процеси підприємства поділяються на основні, допоміжні, підсобні та бічні. Класифікація цих процесів наведена у таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 – Класифікація виробничих процесів підприємства на основні, допоміжні, підсобні та бічні

Основні	– Освітлення води в освітлювачі; – Очистка води на механічних фільтрах; – Відділення іонного обімну для пом'якшення води; – Зберігання води в накопичувальних баках; – Складування сировини і готової продукції; – Вхідний та вихідний контроль якості продукції та сировини.
Допоміжні	– Підготовка і налаштування обладнання; – Ремонт обладнання; – Транспортування готової продукції.
Підсобні	– Забезпечення необхідним інвентарем та спецодягом, побутовими знаряддями праці.
Бічні	– Переробка шламу.

8.2.2 Види руху предметів праці

Виробничий цикл (ВЦ) – період часу між запуском у виробництво сировини і отриманням готової продукції; сукупність основних допоміжних, підсобних процесів необхідних для випуску продукції.

Увесь виробничий цикл складається з наступних операцій:

1. Надходження води до теплообміннику, де вода нагрівається до 40 (±1) °С (10 хв);

2. Надходження води до освітлювача з подачею реагентів для нейтралізації, а також додавання коагулянту і флокулянту для початку процесу очищення (120 хв);

3. Надходження води до механічного фільтру для видалення з неї завислих і колоїдних домішок (30 хв);

4. Надходження води до накопичувального баку, де зберігається хімічно очищена вода (20 хв);

5. Здійснення вихідного контролю якості продукції (30 хв);

6. Надходження води до відділення іонного обміну (45 хв).

Такі операції як: підготовка та налаштування обладнання; вхідний контроль сировини для відображення графіків видів руху предметів праці були упущені.

Порядок проходження предметів праці через всі стадії виробничого процесу називається видом руху предметів праці (ВРПП).

Розглянемо послідовний, паралельний та синхронізований ВРПП:

Послідовний ВРПП

Послідовний ВРПП – це такий ВРПП, коли наступна одиниця продукції завантажується у виробництво тільки після повного завершення процесу виготовлення першого.

$T_{ВЦ}$ – тривалість виробничого циклу за послідовного ВРПП розраховується за формулою:

$$T_{ВЦ} = B\sum_{i=1}^{m} t_i,$$

де B – випуск продукції; m – кількість операцій, t_i – тривалість і-ої операції.

Враховуючи, що тривалість однієї зміни на підприємстві 8 годин (480 хвилин) і також те, що продукція на підприємстві випускається не поодинично, а партіями, можна розрахувати кількість таких партій за одну зміну за послідовного ВРПП:

$$B = \frac{T_{ВЦ}}{\sum_{i=1}^{m} t_i} = \frac{480}{255} = 1{,}88$$

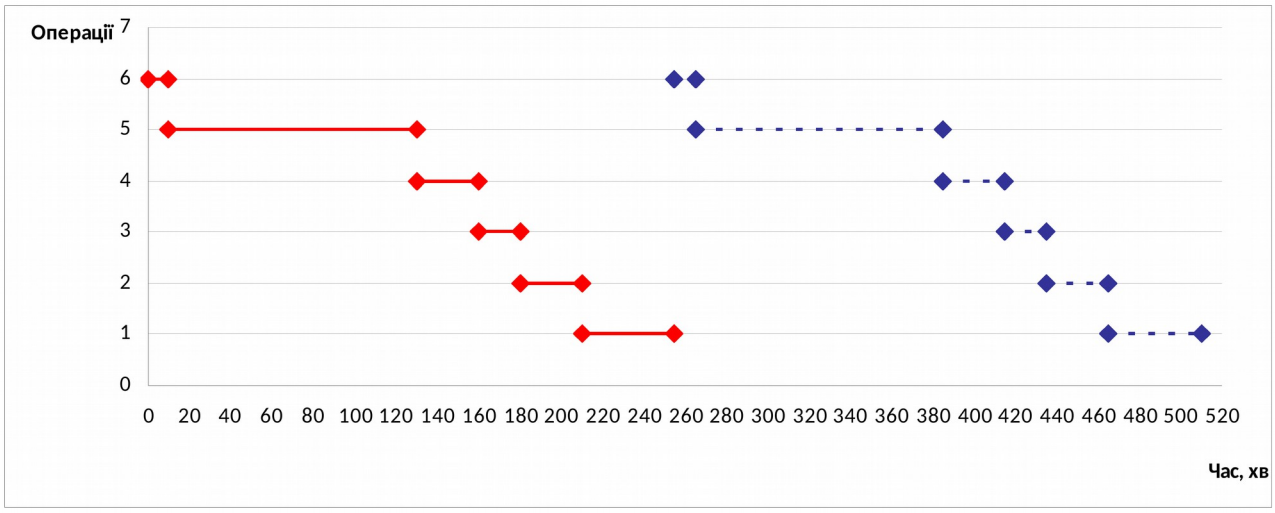

Рисунок 8.2 – Послідовний ВРПП

Паралельний ВРПП

Паралельний ВРПП – це такий ВРПП, коли обробка виробів на першій операції починається одразу після передачі напівфабрикату на наступну операцію.

$T_{ВЦ}$ – тривалість виробничого циклу за паралельного ВРПП розраховується за формулою:

$$T_{ВЦ} = \sum_{i=1}^{m} t_i + (B - 1) \cdot t_{\max},$$

де B – випуск продукції; m – кількість операцій, t_i – тривалість і-ої операції, t_{max} – тривалість найдовшої операції.

Враховуючи, що тривалість однієї зміни на підприємстві 8 годин (480 хвилин) і також те, що продукція на підприємстві випускається не поодинично, а партіями, можна розрахувати кількість таких партій за одну зміну за паралельного ВРПП:

$$B = \frac{T_{ВЦ} - \sum_{i=1}^{m} t_i}{t_{\max}} + 1 = \frac{480 - 255}{120} + 1 = 2{,}88$$

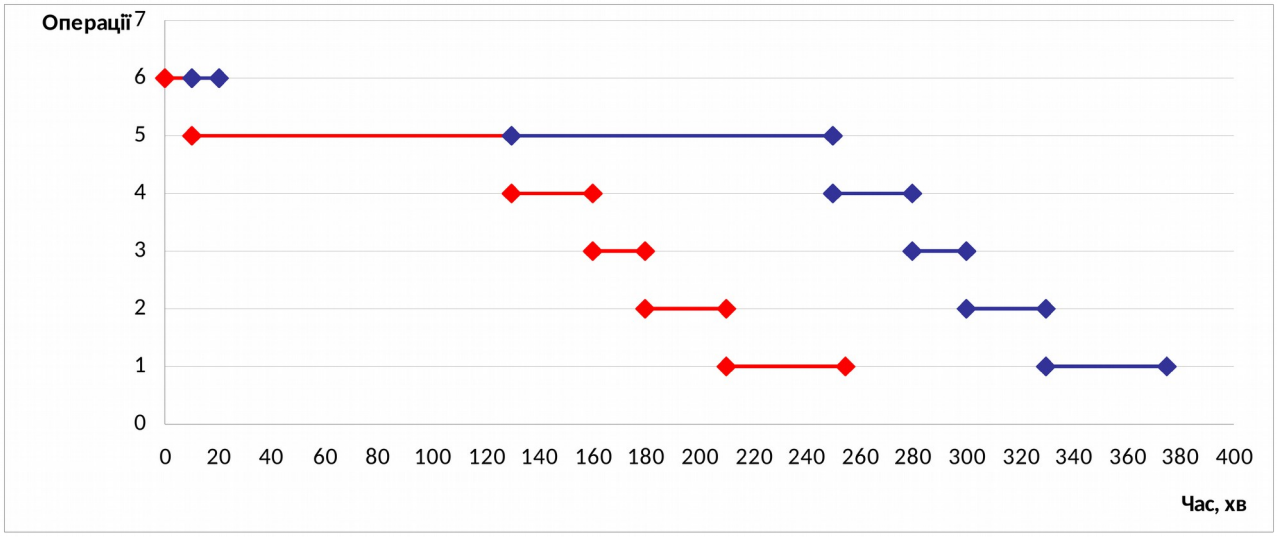

Рисунок 8.3 – Паралельний ВРПП

Синхронізований ВРПП

Синхронізований ВРПП – це окремий випадок паралельного ВРПП, характеризується постійним ритмом процесу. Ритм – період часу між завантаженням попередньої і наступної одиниці продукції у виробництво.

$T_{ВЦ}$ – тривалість виробничого циклу за синхронізованого ВРПП розраховується за формулою:

$$T_{ВЦ} = \sum_{i=1}^{m} t_i + (B - 1) \cdot R,$$

де B – випуск продукції; m – кількість операцій, t_i – тривалість і-ої операції, R – ритм. Ритм приймаємо 5 хв.

Враховуючи, що тривалість однієї зміни на підприємстві 8 годин (480 хвилин) і також те, що продукція на підприємстві випускається не поодинично, а партіями, можна розрахувати кількість таких партій за одну зміну за синхронізованого ВРПП:

$$B = \frac{T_{ВЦ} - \sum_{i=1}^{m} t_i}{R} + 1 = \frac{480 - 255}{5} + 1 = 46$$

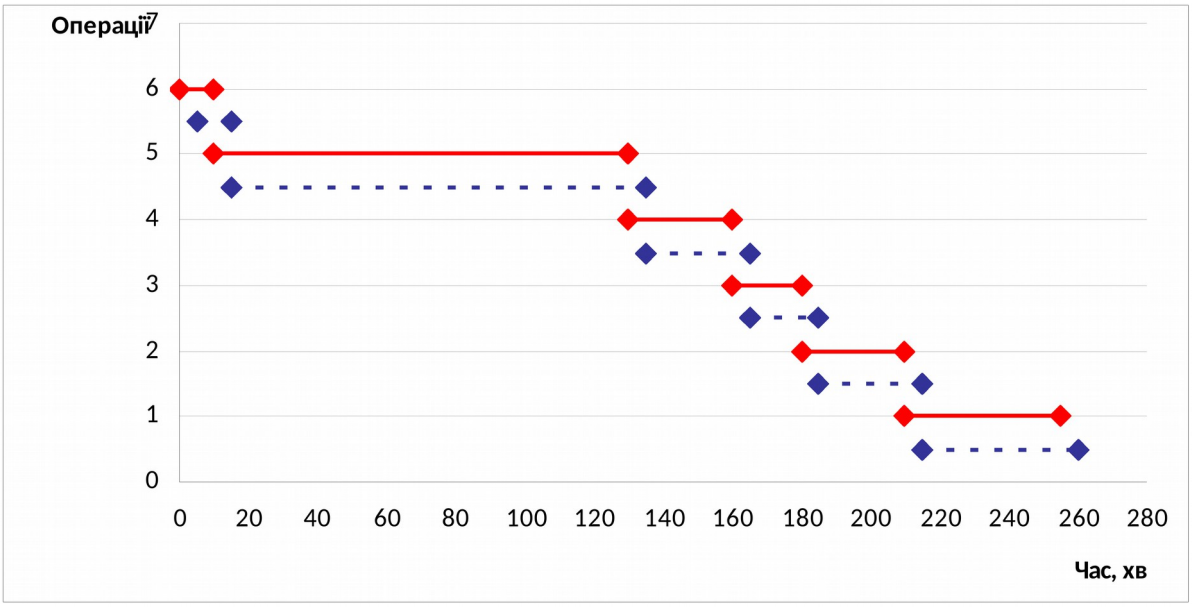

Рисунок 8.4 – Синхронізований ВРПП

Синхронізований ВРПП потребує додаткової кількості одиниць обладнання та збільшення чисельності працівників. Це призводить до значного збільшення випуску продукції, але й водночас зростають витрати на придбання обладнання, що є недоцільним у даному випадку, так як за технологією підприємство працює з обмеженим об'ємом води і зосереджено на її якості. Паралельний ВРПП використовує меншу кількість обладнання і потребує меншої кількості робочого персоналу, але є простій обладнання, що не дозволяє виконувати певну послідовність наступних стадій (вода з накопичувального баку буде надходити до механічного фільтру, в якому ще триватиме обробка попереднього забору води).

Отже, оптимальним видом руху предметів праці для даного підприємства буде – послідовний ВРПП, що забезпечує необхідну продуктивність підприємства і задовольняє потреби споживача.

8.2.3 Середньорічна тривалість виробничого циклу для послідовного ВРПП

Приймаємо, що тривалість одного виробничого циклу становить 510 хвилин. За один виробничий цикл випускається 2 партії продукції.

Підприємство працює 5 днів на тиждень у три зміни по 8 годин, з 2 вихідними днями, незважаючи на офіційні свята. У році 52 тижні. Кількість днів у році 365. Кількість робочих днів у році 261. Середньорічна тривалість роботи виробництва:

$$T_{ВЦ}^{факт} = B \cdot \sum_{i=1}^{m} t_i = 2 \cdot 255 = 510 \text{ хв.};$$

$$T_{ВЦ}^{ср} = \frac{24 \cdot 365}{T_p \cdot D_p} \cdot T_{ВЦ}^{факт} = \frac{24 \cdot 365}{24 \cdot 261} \cdot \frac{510}{60} = 11{,}89 \text{ год},$$

де 24 – кількість годин на добу; 365 – кількість календарних днів уроці; $T_р$ і $D_р$ – тривалість роботи підприємства протягом доби і кількість робочих днів підприємства протягом року відповідно, $T_{ВЦ}^{факт}$ – фактична тривалість виробничого циклу.

Річна кількість виробничих циклів:

$$n_{ВЦ} = \frac{261 \cdot 24}{(510/60)} = 737 \text{ циклів.}$$

Річний випуск продукції для обраного ВРПП:

$$B_{річ} = B \cdot n_{цик} = 2 \cdot 737 = 1474 \text{ партій.}$$

Кількість м^3 води в одній партії $B_{ВЦ}$ = 195 м^3, тоді випуск м^3 води за рік становитиме 1474·195 = 287 430 м^3.

8.3 Розрахунок необхідної кількості працівників

Таблиця 8.2 – Кількість персоналу

Відділ	Посада	Кількість
Керівництво	Директор	1
	Головний інженер	1
	Бухгалтер	1
Відділ очищення води	Технолог	3
	Енергетик	1
	Механік	3
	Лаборант	3
Відділ обслуговування	Завідувач господарством	1
	Прибиральниця	1

Явочна чисельність персоналу – максимально допустима чисельність працівників, необхідна для виконання відповідного об'єму робіт та для повної комплектації робочих місць у кожному структурному підрозділі підприємства протягом робочої зміни.

ТОВ «Natural water treatment» має тризмінний режим роботи, тривалість зміни 8 годин, 5 днів на тиждень. Робочий день керуючого персоналу 8 годин, але якщо виникає позаштатна ситуація, вони працюють понаднормово. Основні працівники щорічно отримуватимуть відпустку на 24 дні, протягом яких виконуватиметься плановий ремонт. Явочна кількість робочого персоналу складає:

$Ч_{яв} = 9$ ос.

Чисельність за списком – потреба підприємства у працівниках, яка крім явочної чисельності включає додатково необхідну кількість персоналу для заміщення тих, хто у відпустці, хворіють або відсутні з інших поважних причин. Тому чисельність за списком розраховується:

$Ч_{сп} = Ч_{яв} \cdot К_{пер}$,

$$K_{пер} = \frac{T^{р}_{під}}{T^{р}_{прац}},$$

де $T^{р}_{під}$ – річна тривалість роботи підприємства в годинах; $T^{р}_{прац}$ – річна тривалість роботи працівника з урахуванням вихідних, святкових, хвороб, відпусток в годинах;

$K_{пер}$ – коефіцієнт перемінності персоналу.

Для знаходження $T^{р}_{прац}$ побудуємо графік змінності.

$T^{р}_{під}$=(365·24·5)/7 = 6257 год/рік;

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

де $T^{н}_{прац}$ – нормативна тривалість роботи працівника за рік.

Кількість бригад:

$$N = \frac{T^{р}_{під}}{T^{н}_{прац}} = \frac{6257}{2016} = 3 .$$

Таблиця 8.3 – Графік змінності 3^x бригад на підприємстві, що працює 5 днів на тиждень (понеділок – п’ятниця) в 3 зміни

Дні	П	В	С	Ч	П	С	Н	П	В	С	Ч	П	С	Н	П	В	С	Ч	П	С	Н
I зміна (6^{00}-14^{00})	1	1	1	1	1	В	В	2	2	2	2	2	В	В	3	3	3	3	3	В	В
II зміна (14^{00}-22^{00})	2	2	2	2	2	В	В	3	3	3	3	3	В	В	1	1	1	1	1	В	В
III зміна (22^{00}-6^{00})	3	3	3	3	3	В	В	1	1	1	1	1	В	В	2	2	2	2	2	В	В

Розрахуємо фактичну тривалість роботи працівника:

$$T_{прац}^{факт} = \frac{365}{T_{зм/обор}} \cdot (T_{зм/обор} - T_{вих}) \cdot t_{зм} = \frac{365}{21} \cdot (21 - 6) \cdot 8 = 2085{,}7 \text{ год}$$

Коефіцієнт перемінності персоналу:

$$K_{пер} = \frac{T_{під}^{р}}{T_{прац}^{р}} = \frac{261}{(261 - 24)} = 1{,}1;$$

$Ч_{сп} = Ч_{яв} \cdot К_{пер} = 9 \cdot 1{,}1 = 10$ ос.

8.4 Порядок технічного контролю виробничого процесу: об’єкти, суб’єкти, види і методи контролю, виконавці

Технічний контроль – сукупність методів, заходів та засобів, що забезпечують відповідність якості продукції, яка випускається, вимогам стандартів і нормативів. Об’єктом технологічного контролю є технологічний процес. Суб'єктами технічного контролю є органи чи особи, наділені правом

(чи уповноважені) здійснювати функції і процедури контролю. Контроль поділяють на:

- вхідний;
- проміжний;
- заключний.

Вхідний контроль включає в себе проби сировини, які надходять на виробництво. Аналіз сировини виконують фізичними та хімічними методами аналізу. Перевіряється склад реагентів, що використовуються для очищення води. Контроль проводиться одразу після поставки сировини на підприємство та один раз на місяць незалежно від дати постачання. Результати заносяться в базу даних ПК. Контроль якості проводить технолог.

Проміжний контроль здійснюють самі робітники (лаборанти), враховуючи їх високий рівень кваліфікації. При невідповідності якості продукції вимогам споживачів її відправляють на повторну операцію.

Заключний контроль проводиться при отриманні кожної нової партії очищеної води, аналізуються її хімічні властивості та деякі інші параметри. Результати записуються до бази даних ПК та, при необхідності (коли показники та властивості продукту змінюються у будь-яку сторону), лаборант і технолог аналізують дані отримані при усіх контролях якості. Контроль якості продукції здійснюється по закінченню кожної операції очищення.

8.5 Матеріальна, документальна та організаційно-технічна підготовка виробництва

8.5.1 Розрахунок основних та оборотних фондів на підприємстві

1) До оборотних фондів відносяться:

- Сировина: вода і реагенти для очищення води;
- Електроенергія;
- Запасні частини та матеріали;

– Заробітна плата.

2) Вартість основних фондів:

– Вартість приміщення 400 000 грн.

– Вартість обладнання 800 000 грн.

– Нематеріальні активи 15 000 грн.

– Господарський інвентар 10 000 грн.

– Всього 1 225 000 грн.

Амортизаційні відрахування –

а) Амортизація приміщення (будівель) $Т_{експ}$ = 20 років:

$А_{буд} = В_{буд} / Т_{експ}$ = 400 000/20 = 20 000 грн./рік;

б) Амортизація обладнання $Т_{експ}$ = 5 років:

$А_{обл} = В_{обл} / Т_{експ}$ = 800 000/5 = 160 000 грн./рік;

в) Амортизація господарського інвентарю $Т_{експ}$ = 4 роки:

$А_{інв} = В_{інв} / Т_{експ}$ = 10 000/4 = 2 500 грн./рік;

$А = А_{буд} + А_{обл} + А_{інв}$ = 20 000 + 160 000 + 2 500 = 182 500 грн./рік.

ОФ = 1 225 000 грн.

3) Розрахуємо витрати електроенергії за регульованими тарифами:

Середня витрата потужності підприємства за годину 7 кВт/год.

Ціна 1 кВт = 1,8 грн. – денний час (7^{00} – 23^{00}); 1 кВт = 0,35 грн. – нічний час (23^{00}–7^{00}). Отже, за добу на електроенергію витрачається (7·16·1,8)+(8·7·0,35) = 221,2 грн. За рік – 221,2·261 = 57 733,2 грн./рік.

4) На річний випуск партій витрачається сировини вартістю –

– Забір води: 0,5 · 287 430 = 143 715 грн.;

– Реагенти для очищення води:

а) вапно 482,13 кг/доба·261 днів=125 835,93/50·100 = 251 671,86 грн.;

б) коагулянт 281,08 кг/доба·261 =73 361,88/25·18= 52 820,55 грн.;

в) флокулянт 5,15 кг/доба·261=1344,15 /25=53,766·75= 4 032,45 грн.

– Загрузка у фільтр: 15 000/25=600·28,67= 17 202 грн.

(Коагулянт – купорос залізний технічний $FeSO_4$: 25 кг – 18 грн.

Вапно будівельне повітряне негашене CaO: 50 кг – 100 грн.

Флокулянт – Поліакриламід (ПАА): 25 кг – 75 грн.

Загрузка у фільтр – кварцовий пісок з фракцією зерен 2 ÷ 4 мм: 25 кг – 28,67 грн.).

Всього: 469 441,86 грн.

5) Таблиця 8.4 – Заробітна плата персоналу

Посада	Кількість	ЗП, грн..
Директор	1	7 000
Головний інженер	1	6 000
Бухгалтер	1	5 000
Технолог	3	3·4 500
Енергетик	1	4 000
Механік	3	3·3 600
Лаборант	3	3·3 600
Завідувач господарством	1	3 000
Прибиральниця	1	2 000
Додаткові працівники за списком	1	3 600
Всього		65 700

Фонд оплати праці: 65 700·12 = 788 400 грн./рік.

Нарахування на ЗП: 788 400·1,37=1 080 108 грн.

8.5.2 Паспорт якості на вид продукції

ТОВ «Natural water treatment»

Паспорт № 01.1995

Найменування продукту: Очищена вода

Якість відповідає: ДСанПіН 2.2.4-171-10

Об'єм однієї партії води – 195 $м^3$.

Показники якості

№	Назва показника	Значення	Норма
1	pH води	9,0 ÷ 10,0	9,0 ÷ 10,0 ± 0,2
2	Жорсткість, мг-екв/ $дм^3$	1 ÷ 2	1,0 ÷ 2 ± 0,2
3	Прозорість «за хрестом», см	≥ 30	30 ± 0,2

Висновок. Згідно за результатами проведеного контролю, показники якості води даної партії відповідають допустимим нормам затвердженим за ДСанПіН 2.2.4-171-10 і є придатною для подальшого використання.

Дата виготовлення _____ .

Термін зберігання – 3 доби;

Умови зберігання: в чистих контейнерах, при температурі не вище 90 °С.

Лаборант _____.

(*підпис*)

Технолог _____.

(*підпис*)

Показники якості води, яка очищається на підприємстві, відповідають наведеним в паспорті якості. Відхилення значень коливаються в межах ± 0,2.

8.5.3 Калькуляція на продукцію

Калькуляція – спосіб розрахунку загальної суми витрат на придбання матеріальних цінностей, виготовлення та реалізацію продукції.

Калькуляція №

на очищені природні води ТУ 15234.2000

від _____ _____ 2016р.

Очищення природних вод

№	Елемент	За рік		На одну партію	
		$Н_в$ од.вим.	Грн.	$Н_в$ од.вим.	Грн.
1	Сировина	287 430 $м^3$	469 441,86	195 $м^3$	318,5
2	Амортизаційні відрахування:		182 500		124
3	Електроенергія		57 733,2		39,17
4	ЗП основного персоналу		788 400		78 840
5	Нарахування на ЗП		1 080 108		108 010,8
	Разом		2 578 183,06		187 332,47

Таблиця 8.5 – Сукупні витрати на підприємстві

Завантажено		Отримано	
Статті витрат	Витрати на річний випуск, грн./рік	Найменування	Вартість, грн./рік
Витрати ОбЗ в т.ч. на:	1 607 283,06	Очищена вода	1 789 783,06
Сировина	469 441,86		
Електроенергія	57 733,2		
ЗП	1 080 108		
Амортизація ОФ	182 500		
Всього	1 789 783,06	Всього	1 789 783,06

8.5.4 Розрахунок техніко-економічних показників

1. Річна собівартість продукції:

С = ОбЗ + А = 1 607 283,06 + 182 500 = 1 789 783,06 грн./рік

2. Запланована ринкова ціна 1 $м^3$ води, який буде очищуватися:

Ц= 10 грн/$м^3$; $Ц_{\Sigma}$= 1474·10·195= 2 874 300 грн./рік

3. Відносний прибуток на продукцію:

П = $Ц_{\Sigma}$ – С = 2 874 300 – 1 789 783,06 = 1 084 516,94 грн./рік.

4. Капітоловкладення:

К= ОФ + ОбЗ = 1 225 000 + 1 607 283,06 = 2 832 283,06 грн.

5. Рентабельність продукції:

Р=(П/С)·100 %= (1 084 516,94 / 1 789 783,06) ·100 % = 60,59 %.

6. Період повернення капіталовкладень:

$Т_{пов}$ = К/П= 2 832 283,06 /1 084 516,94 = 2,6 років.

7. Коефіцієнт економічної ефективності:

Е = П/К = 1 084 516,94 /2 832 283,06 = 0,38.

8. Фондовіддача виробничих фондів:

ФВ=В/ОФ=2 874 300/1 225 000 = 2,35 грн./грн.

9. Фондоємкість

ФЄ=1/ФВ=1/2,35 = 0,43 грн./грн.

Таблиця 8.6 –Техніко-економічні показники підприємства

Показник	Значення
Річний випуск продукції, грн./рік	2 874 300
Чисельність персоналу за списком, осіб	10
Капіталовкладення, грн.	2 832 283,06
Загальна собівартість продукції, грн./рік	1 789 783,06
Вартість: – Основних фондів, грн. – Оборотних коштів, грн./рік	 1 225 000 1 607 283,06
Відносний прибуток, грн./рік	1 084 516,94
Рентабельність продукції, %	60,59
Термін повернення капіталовкладень, років	2,6
Коефіцієнт економічної ефективності	0,38
Фондовіддача, грн./грн.	2,35
Фондоємність, грн./грн.	0,43

8.6 Посадова інструкція на виконавця технологічних обов'язків підприємства

Посадова інструкція складається керівником на підлеглого, затверджується директором підприємства, скріплюється печаткою.

_____
(назва установи, організації)

ЗАТВЕРДЖУЮ
_____
(уповноважена особа)

_____
(ПІБ, підпис)
" ___ " _____ 2016 р.

Посадова інструкція
технолога
підприємства «Natural water treatment»
“ “ _____ 20__р. №_____

Дана посадова інструкція розроблена та затверджена на основі трудового договору з технологом і у відповідності з положеннями Трудового кодексу України та інших нормативних актів, що регулюють трудові правовідносини в Україні.

І. Загальні положення

1.1 Технолог відноситься до категорії спеціалістів.

1.2 На посаду технолога назначається особа, яка має вищу технічну освіту.

1.3 Призначення на посаду головного технолога та звільнення від неї виконується наказом керівника підприємства.

1.4 Технолог повинен знати:

- нормативні і методичні матеріали з технологічної підготовки виробництва;
- скалад продукту, на які розробляється технологічний процес чи режим виробництва;
- технічні характеристики та вимоги до продукції, що виготовляється;
- технологію виробництва продукції, що випускається підприємством;

– основне технологічне обладнання підприємства та принцип його роботи;
– методи визначення економічної ефективності впровадження нової техніки і технології, організації праці, раціоналізаторських пропозицій та винаходів;
– основи економіки, організації виробництва, праці та управління;
– основи екологічного законодавства;
– основи трудового законодавства.

1.5 Головний технолог безпосередньо підпорядковується головному інженеру підприємства.

II. Завдання та обов’язки

2.1 Перевіряє креслення закріплених за ним виробів, вузлів, деталей на технологічність.

2.2 Вживає заходів щодо прискорення освоєння у виробництві прогресивних технологічних процесів, найновіших матеріалів, широкого впровадження науково-технічних досягнень.

2.3 Розробляє технологічні інструкції, карти якості продукції та іншу технологічну документацію.

2.4 Приймає участь у підвищенні якості продукції та сертифікації виробництва.

2.5 Розглядає і затверджує зміни, що вносяться в технічну документацію у зв'язку з коригуванням технологічних процесів і режимів виробництва.

2.6 Контролює виконання перспективних і річних планів технологічної підготовки виробництва, суворе додержання встановлених технологічних процесів, виявляє порушення технологічної дисципліни та вживає заходів щодо їх усунення.

2.7 Приймає участь в проведені патентних досліджень.

2.8 Видає завдання і виконує контроль та керівництво роботою підлеглих йому виконавців.

2.9 Здійснює заходи з атестації та раціоналізації робочих місць.

2.10 Вивчає інформацію про ринок технологій та продукції, вітчизняний та зарубіжний досвід в області застосування нової технології в даній галузі виробництва.

2.11 Керує проведенням дослідних і експериментальних робіт з освоєння розроблених нових технологічних процесів, бере участь у промислових випробуваннях нових видів машин і механізмів, засобів механізації та автоматизації виробництва, у роботі комісій з приймання систем устаткування в експлуатацію.

III. Права

Технолог має право:

3.1 Ознайомлюватися з проектами рішень керівництва підприємства, що стосуються його діяльності.

3.2 Брати участь в обговоренні питань, що стосуються виконання його обов'язків.

3.3 Вносити на розгляд керівництва підприємства пропозиції щодо покращання роботи, пов'язаної з обов'язками, що передбачені цією інструкцією.

3.4 В межах своєї компетенції повідомляти керівництву підприємства про всі недоліки, виявлені в процесі його діяльності, та вносити пропозиції щодо їх усунення.

3.5 Вимагати від керівництва підприємства сприяння у виконанні ним посадових обов'язків.

IV. Відповідальність

Технолог несе відповідальність:

1.1 За неналежне виконання або невиконання своїх посадових обов'язків, а також за невикористання або неповне використання свої

функціональних прав, що передбачені цією посадовою інструкцією, – в межах, визначених чинним законодавством України про працю.

1.2 За правопорушення, скоєні в процесі здійснення своєї діяльності, – в межах, визначених чинним адміністративним, кримінальним та цивільним законодавством України.

1.3 За завдання матеріальної шкоди – в межах, визначених чинним цивільним законодавством та законодавством про працю України.

УЗГОДЖЕНО

Керівник структурного підрозділу:	_____ (підпис)	_____ (ПІБ)	" ___ "	_____ 2016р.
З інструкцією ознайомлений:	_____ (підпис)	_____ (ПІБ)	" ___ "	_____ 2016р.

Висновки: у цьому розділі показано доцільність використання даного способу водопідготовки. Про це свідчать такі показники як рентабельність (60,59 %), коефіцієнт економічної ефективності (Е=0,38), термін повернення капіталовкладень 2,6 років. Підприємство є прибутковим.

9 ОХОРОНА ПРАЦІ

Проаналізувавши технологічну схему виробництва попередньо очищеної природної води для міських котелень з використанням флокулянтів, можна дійти висновку, що на виробництві присутні шкідливі й небезпечні виробничі фактори, такі як: агресивні та токсичні речовини, пожежонебезпечні матеріали та речовини, а також електрична, теплова, механічна енергії.

Проект виконаний з урахуванням вимог щодо охорони праці та пожежної безпеки.

У даному розділі на основі аналізу шкідливих і небезпечних виробничих факторів передбачені заходи і засоби щодо забезпечення здорових, безпечних умов праці та пожежної безпеки [10].

9.1 Виявлення та аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на об'єкті. Заходи з охорони праці

9.1.1 Повітря робочої зони

Згідно ДСН 3.3.6.042-99 роботи, що здійснюються в проектованому виробництві, залежно від витрат фізичної енергії, відносяться до категорії середньої тяжкості – IIа та IIб.

У таблиці 9.1 наведені санітарні норми параметрів мікроклімату для двох періодів року.

Таблиця 9.1 – Санітарні норми параметрів мікроклімату робочої зони

згідно ДСН 3.3.6.042-99 [11]

Період року	Категорія робіт	Температура, ˚С			Відносна вологість повітря, %		Швидкість руху, м/с	
		Оптимальна	Фактична		Оптимальна	Допустима	Оптимальна	Допустима
			Нижня межа	Верхня межа				
Холодний	IIа	18-20	15-17	23-24	40-60	75	0,2	< 0,3
	IIб	17-19	13-15	21-23	40-60	75	0,2	< 0,4
Теплий	IIа	21-23	17-18	27-29	40-60	65	0,3	0,2-0,4
	IIб	20-22	16-17	27-29	40-60	70	0,3	0,2-0,5

Температура внутрішніх поверхонь робочої зони (стіни, підлога, стеля), технологічного обладнання зовнішніх поверхонь технологічного устаткування, огороджуючих конструкцій не повинна виходити більш ніж на 2 ºС за межі оптимальних величин температури повітря для даної категорії робіт [12].

У цеху водопідготовки передбачається використання агресивних та шкідливих речовин, тому в таблиці 9.2 представлено коротку санітарну характеристику цеху.

Таблиця 9.2 – Коротка санітарна характеристика цеху (лабораторії), що проектується

Назва виробничої дільниці	Шкідливі речовини, що використовуються в цеху	Група шкідливої речо-вини, характеристика шкідливої дії	ГДК шкідливої речо-вини у повітрі робочої зони, мг/м3	Клас небезпечності шкідливої речовини	Засоби індивідуального захисту: тип, марка, ГОСТ	Засоби долікарняної допомоги	Методи контролю вмі-сту шкідливих речо-вин у повітрі робочої зони
1	2	3	4	5	6	7	8
Хімічний цех	Купорос залізний технічний	Подразнюючі	2	IV	Спеціальний одяг, ГОСТ 27574 або ГОСТ 27575; захисні окуляри, тип Г по ГОСТ 12.4.013; гумові рукавиці, тип В, ГОСТ 20010; черевики типу В, ГОСТ 12.4.137; Респіратор РУ-60М, УК-2, РП-К ГОСТ 12.4.103-80; каски, ГОСТ 12.4.087-84	Уражене місце гарно промити водою, а потім нейтралізувати розчином бікарбонату натрію (сода питна) (5 % – тіло, 2 % – очі).	Гравіметричний та санітарно-хімічний, 1 раз на місяць

Продовження табл. 9.2

1	2	3	4	5	6	7	8
	Вапня-не молоко		6	IV		Уражене місце гарно промити водою, а потім нейтралізувати розчином борної кислоти (5 % – тіло, 2 % – очі).	

Для нормалізації повітря робочої зони передбачено аварійну, природну та витяжну систему вентиляції (комбіновану). Природний обмін повітря здійснюється за допомогою вікон.

Для нормалізації мікроклімату застосовуємо змішану загальнообмінну вентиляцію, для рівномірного повітрообміну. Місцева вентиляція служить для подачі свіжого повітря до робочого місця. Аерація – передбачена для видалення забрудненого повітря з місця його утворення.

Як теплоізолюючі матеріали використовують скловату, шнури, азбестові вогнестійкі тканини, а також діабазові труби та плитки (із суміші оксидів кремнію й алюмінію).

Розрахунок аерації цеху

Конструкція стулки віконного прорізу – одинарна верхньопідвісна. Висота й довжина стулки рівні (h/b=1), з кутом відкривання отвору α=45º. Ліхтар П-подібний з фрамугами (стулками) на вертикальній осі з вітрозахисними панелями, що знаходяться на відносній відстані l/h = l,5, з кутом відкриття α =90°. Визначаємо температуру повітря, що видаляється з верхньої частини приміщення, ºС [13]:

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

де $t_{зовн}$ – температура зовнішнього повітря, для Києва в теплий період $t_{зовн}$ = = 20 °С;

$t_{вн}$ – температура внутрішнього повітря; $t_{вн}$ = 22 °С;

$t_{р.з.}$ – температура повітря, що надходить до робочої зони. $t_{р.з.} = t_{зовн}$, $t_{р.з.}$ =20 °С;

m – коефіцієнт, приймаємо 0,53;

$$t_{вид} = 20 + \frac{22 - 20}{0,53} = 23,77, \text{ °C}.$$

Визначаємо питому вагу повітря, кг/м^3:

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

$$\gamma_{зовн} = \frac{353}{20 + 273} = 1,205 \text{ кг/м}^3 \text{ (питома вага зовнішнього повітря);}$$

$$\gamma_{вид} = \frac{353}{23,77 + 273} = 1,189 \text{ кг/м}^3 \text{ (питома вага повітря, яке видаляється).}$$

Розподілений тиск визначаємо по формулі, кг/м^2:

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

де h – відстань між осями отворів, h = 10 м;

$$\Delta\rho_{1.,2} = 10 \cdot (1,205 - 1,189) = 0,16 \text{ кг/м}^2.$$

Втрати тиску на прохід повітря через припливні отвори можна визначити за формулою, кг/м^2:

$$\Delta\rho_1 = \beta \cdot \Delta\rho_{1.2},$$

де β – частина різниці тисків, що витрачається на прохід повітря через припливні отвори, β = 0,1 ÷ 0,4 [13];

$$\Delta\rho_1 = 0,4 \cdot 0,16 = 0,064, \text{ кг/м}^2;$$

Втрати тиску на прохід повітря через ліхтар визначаємо за формулою:

$$\Delta\rho_2 = \Delta\rho_{1.,2} - \Delta\rho_1 \text{ кг/м}^2;$$

$$\Delta\rho_2 = 0,16 - 0,064 = 0,096 \text{ кг/м}^2.$$

Визначаємо площу отворів у стіні $F_{припл}$ і площу отворів ліхтаря $F_{ліхт}$, м^2:

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

$$F_{припл} = \frac{42000}{3600 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 9{,}8 \cdot 1{,}205}{3{,}7} \cdot 0{,}064}} = 18{,}253 \text{ м}^2;$$

$$F_{лыхт} = \frac{G_{вид}}{3600 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot \gamma_{вид}}{\xi_2} \cdot \Delta\rho_2}};$$

$$F_{лыхт} = \frac{20000}{3600 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 9{,}8 \cdot 1{,}189}{4{,}1} \cdot 0{,}096}} = 7{,}521 \text{ м}^2,$$

де $G_{припл.}$ – кількість повітря, що повинна надходити в приміщення;

$G_{вид.}$ – кількість повітря, що видаляється;

ξ_1 – коефіцієнт місцевого опору припливних отворів, $\xi_1 = 3{,}7$ [13];

ξ_2 – коефіцієнт місцевого опору ліхтаря, $\xi_2 = 4{,}1$ [13].

9.1.2 Виробниче освітлення

В цеху передбачене освітлення:

- за джерелом світла: природне бокове, штучне та суміщене;
- за функціональним призначенням: робоче, аварійне, ремонтне та чергове.

Згідно ДБН В.2.5-28-2006 у відділі водопідготовки виконуються роботи VIIIб розряду зорових умов.

В таблиці 9.3 наведені значення параметрів освітленості робочих місць.

Таблиця 9.3 – Нормативні значення освітлення [14]

Розряд зорової роботи	Характеристика зорової роботи	Штучне освітлення	Природне освітлення		Суміщене освітлення	
VIIIб	Загальне періодичне спостереження за ходом виробничого процесу при постійному перебуванні людей в приміщенні	Освітленість, лк	КПО, %			
		При системі загального освітлення	При верхньому або комбінованому освітленні	При боковому освітленні	При верхньому або комбінованому освітленні	При боковому освітленні
		100	1	0,3	0,7	0,2

Система штучного освітлення – комбінована, на виробництві прийняті люмінесцентні лампи типу ЛД-80 з потужністю 80 Вт, та світловим потоком – 4200 Лм.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2006, використовується напруга 220 В. Для аварійного освітлення використовують лампи розжарювання та люмінесцентні лампи.

Контролюють освітленість люксметром Ю – 116 не менше 1 разу в рік та після ремонту приміщень.

При відключенні робочого освітлення передбачена система аварійного освітлення. Світильники аварійного освітлення приєднуються до мережі робочого освітлення з автоматичним перемиканням на незалежне живлення. Для аварійного й евакуаційного освітлення передбачене застосування ламп

розжарювання, поміщених у світильник "Альфа", а також переносних світильників "Универсаль" УП-200, напругою 12 В.

9.1.3 Захист від виробничого шуму та вібрації

У цеху водопідготовки основними джерелами шуму є мішалки, освітлювачі, насоси та декарбонізатори. Джерелом шуму також є електроприводи обладнання. Шум створюють також матеріали, що завантажуються у фільтри. Відповідно до ДСН 3.3.6.037 – 99 санітарна норма рівня звуку на постійному робочому місці у виробничих приміщеннях дорівнює Lн = 80 дБА. Фактичний рівень шуму становить 76 дБА, що задовольняє умовам.

Також в цеху є відділ підготовки сировинної суміші, де існують джерела, що викликають вібрацію. До них відносяться габаритне устаткування і його вузли, які обертаються з великою швидкістю.

Відповідно до ДСН 3.3.6.039 – 99 допустимий рівень вібрації в приміщенні – не більше 3,1 дБ.

Для зменшення впливу шуму передбачаються наступні заходи:

- відведені спеціальні звукоізолюючі кабіни;
- внутрішні поверхні облицьовані матеріалами які поглинають шум;
- Індивідуальний захист забезпечують шоломи, навушники, вкладиші.

Для боротьби з вібрацією запропоновано мінімалізувати контакт працівників з віброоб'єктами шляхом використання дистанційного керування, автоматичного контролю та сигналізації, а також застосування захисного огородження. Для зменшення вібрації використовується віброізоляція, шляхом застосування пружинних і гумових прокладок, спеціальних підкладок під ус-таткування.

9.1.4 Електробезпека

Електроустановки живляться трьохфазною чотирьохпроводною електромережею змінного струму з глухозаземленою нейтраллю частотою 50 Гц та напругою 380/220 В.

Електротравматизм персоналу цеху зазвичай відбувається внаслідок виникнення напруги при:

- відсутності або несправності захисного відключення;
- пошкодженні ізоляції струмопровідних частин;
- помилковому включенні вимкненої установки чи замикання між вимкненими та струмопровідними частинами, що знаходяться під напругою.

Відповідно до ГОСТ 12.1.038 – 82 гранично допустимі значення напруги наступні:

а) за нормального режиму роботи електрообладнання – (струму, що проходить через тіло людини) $I_Л$ = 0,3 мА, (напруги дотику) $U_д$=2 В − при (часі дії) $\tau \leq 10$ хв/добу.

б) за аварійного режиму роботи – $I_Л$ = 6 мА, $U_д$ =36 В − при $\tau >$ 1 с.

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

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

$$I_л = \frac{U_ф \cdot 10^3}{R_л + R_0}, \text{ мА},$$

де $U_ф$ = 220 В – фазна напруга, В;

$R_л$ = 2000 Ом – опір тіла людини, Ом;

R_0 = 4 Ом – опір нейтралі заземлення, Ом.

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

При цьому напруга дотику складе:

$$U_{дот} = I_л \cdot R_л = 0{,}1098 \cdot 2000 = 219{,}6 \text{ В}.$$

Отже, розрахувавши струм, що проходить через людину і напругу дотику, та порівнявши їх зі значеннями, які є допустимі і нормовані за ГОСТ 12.1.038 – 82 можна зробити висновок, що експлуатація таких установок та порушення вимог правил улаштувань електробезпеки (ПУЕ) є небезпечною для здоров'я і життя людини. Тому необхідно вжити заходів, щодо забезпечення електробезпеки.

Електробезпечність проекту забезпечується такими технічними засобами:

- ізоляцією струмопровідних частин обладнання від механічних пошкоджень прокладкою проводів у металевих трубах;
- зануленням електроустаткування;
- використанням попереджувальної сигналізації, знаків безпеки, плакатів в місцях наближених до місць, які знаходяться під напругою;
- використанням захисного одягу та пристроїв (діелектричні рукавички, захисні окуляри, взуття з гумовою підошвою, інструменти з ізолюючими рукоятками, покажчики напруги);
- організацією безпечної експлуатації електроустановок (застосовують малі напруги, блокування в системах пуску і зупинки обладнання);
- допуском до роботи з усуненням несправностей лише людей, які пройшли спеціальну підготовку. До роботи з електрообладнанням допускаються особи, які мають на це дозвіл посадових осіб. Ремонт і обслуговування електроустаткування здійснюють не менше 2 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

Технологічні процеси та обладняння спричинюють виникнення небезпек під час роботи. У цеху водопідготовки є механізми, які зможуть завдати обслуговуючому персоналу травм:

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

Різкі перепади тиску, гідравлічні удари, дефекти металу призводять до розриву трубопроводів і є основними небезпечними факторами. Аварійні ситуації можуть виникнути також 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, захаращеність робочих місць, порушення технологічного режиму, відключення електроенергії, невиконання правил з техніки безпеки тощо.

При роботі механічних фільтрів під тиском 0,6 МПа, внаслідок невірної експлуатації та незадовільного ремонту можливий розрив апаратури, пошкодження фланців на арматурі.

Безпека обслуговування обладнання досягається правильним розташуванням обладнання, згідно якого ширина зон обслуговування обладнання
1,5 м, ширина робочих проходів між фільтрами складає 2,5 м.

Для підтримання в справному стані обладнання своєчасно проводяться технічне обслуговування та ремонт. Для забезпечення безпечного ведення процесу виробництво оснащене системою автоматичного регулювання і захисних блокувань. У випадку розриву трубопроводу необхідно викликати спеціалізовану службу та повідомити керівництво і весь персонал.

9.2 Пожежна безпека

У проектованому цеху знаходяться горючі матеріали: меблі, вікна, двері, електрообладнання.

Причинами пожежі в цеху можуть бути:

- перевантаження та нагрів електрообладнання;
- механічне пошкодження електропроводки, коротке замикання;
- прямий удар блискавки в будівлю.

Для ліквідації пожежі застосовують стаціонарну систему пожежогасіння багатократною повітряно-механічною піною, ящики з піском, протипожежні щити, протипожежні бортики, порошкові та пінні вогнегасники. Стрижньові блискавковідводи захищають будівлю від прямих ударів блискавки. Безпечність експлуатації електрообладнання досягається системою організаційних та технічних заходів і засобів. До них відносяться: електрична ізоляція, недоступність струмоведучих частин, занулення. В якості сигналізації встановлені датчики типу ПОСТ 1 та телефонний зв'язок.

В приміщенні є два евакуаційні виходи на випадок виникнення пожежі. Існуюча довжина евакуаційних шляхів та ширина дверей відповідає ДБН-В 2.5.28 2006 “Протипожежні норми”.

Показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин та матеріалів наведені в таблиці 9.4.

Таблиця 9.4 - Показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин та матеріалів.

що використо-вують у вироб-ництві Реагенти	Агрегатний стан речовини за н.у.	Показники пожежо- та вибухонебезпеки			Вогнегасні засоби	ОНТП 24 - 86 Категорія приміщення за	Клас приміщення (зони) і зовнішніх установок за ПУЕ	Категорія об'єкту і тип зони за устро-єм бли-скавко-захисту згідно СН 305 - 77
		Горючість	Температура спалахування, °С	самоспалахування, °С Температура				
Гума	Тверде	Горить	220	400	ОХП – 10	Д	П – IIа	
Машин-не масло	Рідина	Горить	180	380	Поро-шок ПСБ і СН-2			

10 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА

У даному розділі розглядаються можливі екологічні проблеми при проведенні процесу виробництва попередньо очищеної природної води для міських котелень з використанням флокулянтів.

Згідно ст. 50 закону України "Про охорону навколишнього природного середовища" екологічна безпека — це такий стан навколишнього середовища, коли гарантується запобігання погіршення екологічної ситуації та здоров'я людини [15].

Слід зауважити, що будь-яка безпека створюється за рахунок впровадження заходів, які мають попереджувати основні фактори ймовірної небезпеки. Безпечне навколишнє природне середовище є головною запорукою
міцного здоров’я не лише нинішнього, а й майбутнього поколінь. Саме тому держава приділяє таку увагу охороні природи, а компетентні державні органи пильно слідкують за дотриманням фізичними та юридичними особами вимог екологічної безпеки, додержанням екологічних стандартів, нормативів та лімітів використання природних ресурсів при здійсненні господарської, управлінської та іншої діяльності.

10.1 Аналіз джерел та розрахунок кількості відходів, що утворюються

Технологічна схема починається з підігріву води у теплообміннику, звідси вода йде в освітлювач, де проходить стадію коагуляції й флокуляції в результаті чого осаджуються колоїдно-дисперсні частинки. Далі вода надходить до механічних фільтрів для видалення із неї завислих і колоїдних домішок.

Екологічною проблемою даного виробництва є:

– промивні води після механічних фільтрів, які скидаються в каналізацію, оскільки ніякої загрози для екологічного стану навколишнього середовища вони не несуть;
– відпрацьована загрузка механічних фільтрів – кварцовий пісок, після закінчення терміну служби придатності (5-6 років) вантажиться у спеціальні мішки і вивозиться автотранспортом на дренажні поля;
– утворений твердий залишок після стадії коагуляції і флокуляції – шлам.

Таким чином, основним джерелом забруднення в даній технологічній схемі є шлам.

Шлам, пройшовши шламоущільнювач у освітлювачі, містить 98 – 99 % вологи, отже, спочатку його необхідно зневоднити, це проводиться за допомогою прес-фільтрів, після чого шлам містить вологи вже 75 – 80 %. Потім його відправляють на регенерацію. Регенерація проводиться 20 – 40% сульфатною кислотою H_2SO_4. Після чого отримуємо відпрацьований коагулянт $Fe_2(SO_4)_3$, який в 3-4 рази дорожчий за вихідний.

$$2Fe(OH)_3 + 3H_2SO_4 \Leftrightarrow Fe_2(SO_4)_3 + 6H_2O. \quad (10.1)$$

Таблиця 10.1 – Характеристика сировини та продукції виробництва

Найменування стадії виробництва; перелік сировини, напівпродуктів, продукції.	Властивості	Проблеми	Кількість сировини, напівпродуктів, кг	
			На 1 м^3 готової продукції	За рік
Освітлення води із застосуванням коагуляції і флокуляції, а також вапнування. Продукт – освітлена вода.	Освітлена вода містить дисперсні частинки, що не осіли в освітлювачі.	Необхідна доочистка	На 1 м^3 освітленої води витрачається 0,103 кг вапна, 0,06 кг коагулянту, 0,0011 кг флокулянту	За рік витрачається 125835,93 кг вапна, 73361,88 коагулянту, 1344,15 кг флокулянту

Таблиця 10.2 – Характеристика твердих відходів

Найменування стадії виробництва; склад відходів, викидів, стоків	Кількість відходів, викидів та стоків, кг ($м^3$)		Метод очищення	Ступінь очищення, %
	На 1 $м^3$ готової продукції На 1т готової продукції	За рік		
Відходом даного виробництва є шлам, що містить: карбонат кальцію 65-75 %; гідроксидів заліза 5-10 %; гіпс 2-5 %; гідроксидів кальцію і магнію 2-4 %;	На 1 $м^3$ освітленої води утворюється 0,718 кг шламу.	За рік утворюється 206 375 кг шламу	Регенерація коагулянту	60 %

10.2 Можливі варіанти екологізації виробництва

Окрім регенерації шламу можна застосовувати інші шляхи його переробки.

Накопичення шламових відходів на шламонакопичувачах, полігонах промислових відходів створює проблему екологічного характеру: відбувається забруднення гідросфери, атмосфери, ґрунтів, відчуження земельних ділянок та ін. Нині існує декілька схем поводження зі шламовими відходами водного господарства [16]:

- повторне використання в якості нейтралізатора кислих стоків;
- підземне поховання в глибоких горизонтах на платформах (у поверхневих сховищах);
- рекультивація відпрацьованих кар'єрів;
- регенерація з отриманням вапняного матеріалу;
- спалювання тощо.

Широкого застосування вказані технології не отримали внаслідок економічних та екологічних недоліків – енерго- і ресурсовитратність технологій, високотемпературні процеси, що супроводжуються тепловим і хімічним забрудненням атмосферного повітря. Більш раціональним шляхом поводження з даними відходами з позицій ресурсо- й енергозбереження є практичне їх застосування в технологіях з виробництва матеріалів і продукції господарського призначення при використанні шламових відходів у різних виробничих циклах, а саме застосування шламів як вторинної сировини у будівельній індустрії.

Шлам водоочищення містить $CaCO_3$, $CaSO_4$, $Fe(OH)_3$, $Ca(OH)_2$, $Mg(OH)_2$, органічні речовини [16]. Шлам є аналогом природних вапняків (переважно дрібнокристалічних кальцитів – масова частка сполук кальцію й магнію у перерахунку на карбонати складає до 86 %), але має переваги за рахунок умісту більш дрібних фракцій і більшої розчинності у ґрунті. Шлам економічно й екологічно доцільно застосовувати як карбонатвмісний матеріал у будівельному виробництві в умовах дефіциту природної сировини і пошуку нетрадиційних сировинних ресурсів.

Переважна більшість розроблених технологій виготовлення будматеріалів з використанням шламових відходів водоочищення передбачає етап їх високотемпературної обробки. Термічна обробка шламу переслідує виконання двох технологічних задач: зневоднення і видалення органічної речовини зі складу відходів. В основу технології регенерації шламу водоочищення з отриманням будівельного вапна і виготовлення в’яжучих речовин покладено високотемпературне випалювання сировини за умов від 1000 °С і більше, яке супроводжується виділенням значної кількості діоксин вуглецю CO_2 та інших газів, що загострює проблему глобального теплового й хімічного забруднення атмосферного повітря.

Чим складніша технологія утилізації відходів, тим вона більш енергоємна і ресурсовитратна. Крім цього, питанням залишається екологічна доцільність впровадження таких технологій, які супроводжуються

утворенням додаткових відходів – викидів, що загострює й без цього складну екологічну ситуацію у навколишньому середовищі.

Виходячи з цих позицій, при розробці технології утилізації шламу водоочищення запропоновано виключити високотемпературні процеси з метою попередження утворення токсичних викидів й збереження цілісності хімічного складу відходів протягом їх зневоднення. Для зневоднення шламів до 5 –10 % вмісту вологи використовувати випарювання. При цьому при випаровуванні з відходів води ресурсоцінні мінеральна й органічна складові шламів залишаються. Висушений шлам можна використовувати в якості замінника природних карбонатних матеріалів при отриманні добавки-наповнювача для приготування бетонної суміші в технології виробництва фігурних елементів мостіння, що забезпечить зниження витрат в'яжучої сировини при виготовленні продукції. Окрім цього, шлам застосовують в керамічних виробництвах, в якості наповнювачів асфальтових сумішей і бетону, а також у виробництві цементу, цегли та інших будівельних матеріалів.

Шлам відноситься до «зеленого переліку відходів» й стоїть в IV класі небезпеки, тобто набуває статусу безпечної речовини.

10.3 Екологічний моніторинг

Головна мета екологічного моніторингу – це забезпечення раціонального і безпечного природокористування, а також здійснення діяльності виробництва з мінімальною шкодою для навколишнього середовища.

У процесі роботи підприємства іде постійний збір оперативної інформації показників водохімічного режиму (ВХР). Щодня в 9:00 оперативна інформація передається черговим персоналом теплоджерела в хімслужбу. Ця інформація заноситься до журналу і на комп'ютер [17].

Збір оперативної інформації показників ВХР ведеться з метою:

1) Документування стану ВХР у системі.

2) Поточного контролю за веденням ВХР на водопідготовчих установках теплоджерел.
3) Контролю стану місцевих систем теплозабеспечення споживачів з метою контролю присосів сирої води крізь пошкодженні устаткування місцевих систем теплозабезпечення.
4) Інженерного аналізу тенденцій зміни ВХР, що дозволяє більш досконало вести планування заходів з модернізації, реконструкції та ремонту техпереозброєння водопідготовчої установки.

Оперативна інформація зберігається на комп'ютерах у вигляді таблиць Excel. Для спрощення вводу інформації було розроблено програму у середовищі VBA for Excel.

Використання даної програми спрощує занесення даних в таблицю. Перевагою програми є зменшення помилок, які користувач може зробити при звичайному введенні даних. Це досягається шляхом перевірки коректності введених даних в окремі поля.

Програма легка у використанні – запускається натиском на кнопці з панелі інструментів. Введення власне даних відбувається за допомогою форми (рисунок 10.1). Кожне поле в формі заповнюється послідовно. Спочатку користувач вводить дату, яка є ключовим параметром, за яким ідентифікують дані.

Наступні дані можна поділити на дві колонки, в першій з яких вводяться дані відображаються параметри вихідної води. А інша колонка містить дані, що описують параметри освітленої води. До таких параметрів відносяться:

– загальна жорсткість води;
– гідратна лужність;
– лужність загальна;
– вміст розчиненого у воді кисню;
– вміст вуглекислоти;
– витрата середовища.

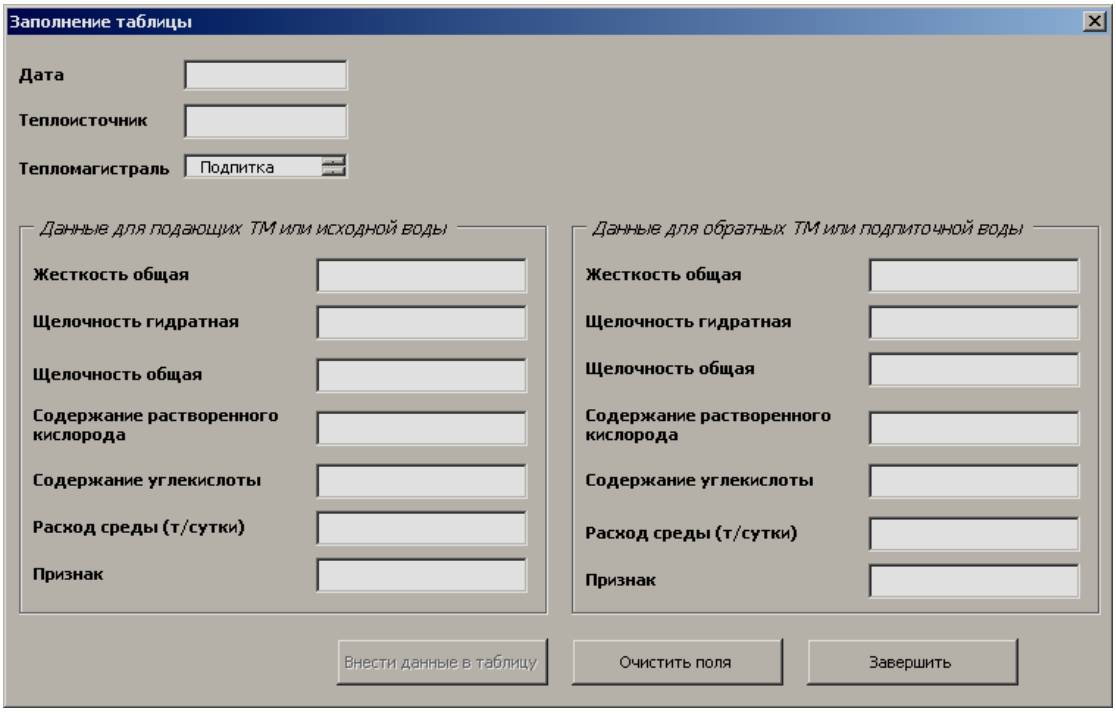

Рисунок 10.1 – Форма для введення даних

Моніторинг шламу проводиться на вміст таких речовин:

- вологість;
- загальний вміст заліза;
- вміст карбонатів;
- вміст SiO_2.

10.4 Розрахунок екологічних платежів

Відповідно до Податкового кодексу України, розділу VIII «Екологічний податок», стаття 243.2, ставка на викид речовини, яка відноситься до IV класу небезпечності, складає 111,26 грн./тонну. Розрахуємо розмір податку за складування шламу (на полігон), грн./рік:

$$П = \frac{Q_ш \cdot 111{,}26 \cdot 24 \cdot Q \cdot 365}{1000},$$

де $Q_{ш.}$ – маса шламу, яка утворюється на 1 м^3 очищеної води, кг/ м^3;

Q – продуктивність установки, м^3/год.

$$П = \frac{0{,}718 \cdot 111{,}26 \cdot 24 \cdot 195 \cdot 365}{1000} = 136459 \text{ грн./рік.}$$

Висновки: у даному розділі наведено відомості стосовно екологічної безпеки виробництва попередньо очищеної природної води для міських котелень з використанням флокулянтів. Даний метод є ефективним, оскільки після здійснення очищення води, шлам, який утворився, можна використати у будівельній промисловості, а також для виробництва коагулянту, який повторно можна застосовувати у водопідготовці. При складуванні шламу податок складе 136 459 грн/рік.

11 НАУКОВА СКЛАДОВА

Як відомо, харчова промисловість є одним з найважливіших секторів у національній економіці, що забезпечує добробут у державі. Україна не є виключенням. Технології виробництва харчових продуктів здебільшого характеризуються високими питомими витратами сировини, енергії, палива, води та інших природних ресурсів. В результаті утворюється не лише готовий продукт, але й відходи, які треба переробляти. Значну кількість відходів становлять стічні води, які забруднені переважно органічними домішками, що є залишками сировини та продуктів її перетворення.

Нині вивчено та досліджено велику кількість різноманітних методів очищення стічних вод харчової промисловості. Зазвичай це такі процеси: відстоювання, фільтрування, також часто застосовують анаеробно-аеробну технологію (аеробна ферментація в аеротенках).

На сьогодні відстоювання залишається найбільш прийнятим процесом для (проведення попереднього очищення) освітлення стічних вод. Тому для збільшення ефективності даного процесу застосовують допоміжні реагенти – коагулянти та флокулянти.

Флокулянти — речовини, що використовуються спільно з коагулянтами, сприяючи об'єднанню завислих частинок (колоїдів) у великі фрагменти, які можуть бути видалені з води за допомогою осадження або фільтрації [18].

У ході експериментального дослідження перевірено дію нових флокулянтів, що були розроблені кафедрою технології органічних речовин та органічної хімії, ХТФ, НТУУ «КПІ» – ЛМ і Besfloc K 4043 модифікований, моделями робочих розчинів слугували – стічні води, які утворюються на підприємствах молочної продукції.

Для збільшення ефективності процесу разом із 0,1 %-вим розчином флокулянту Besfloc K 4043 модифікованого використовували коагулянт $Al_2(SO_4)_3$. Дослідження здійснювали за допомогою стандартних циліндрів, кожен з яких заповнювався робочим розчином (V_{H2O} = 200 см^3). Проведено

паралельні досліди в залежності від дози флокулянту, яка визначається за формулою, см^3/ V_{H2O}:

$$Д_{фл} = \frac{V_{фл}}{V_{H2O}}, \qquad (11.1)$$

де $V_{фл}$ – об'єм флокулянту (1 – 6 см^3);

V_{H2O} – об'єм робочого розчину.

Перший циліндр застосовувався як зразок стічної води, у інші відповідно дозувалися реагенти. Тривалість процесу коагуляції-флокуляції – 40 хвилин.

Вже через 10 хвилин від початку дослідів візуально спостерігається: в циліндрах з найбільшим вмістом флокулянту (0,025 та 0,03 см^3/ V_{H2O}) пластівці утворились, проте вода ще залишалась мутною; з найменшим вмістом (0,005 см^3/ V_{H2O}) – змін не спостерігалось; найкраще флокулянт запрацював при середніх дозах (0,01; 0,015 та 0,02 см^3/ V_{H2O}) – і спостерігається поява крупних пластівців, які починали осідати (при 0,01 см^3/ V_{H2O}), вода стала прозорою (0,015 см^3/ V_{H2O}), вода залишилась мутною (0,02 см^3/ V_{H2O}). Подальше збільшення часу контакту спостерігається утворення дрібних пластівців в першому циліндрі (вміст флокулянту – 0,005 см^3/ V_{H2O}) і повільне осадження вже існуючих пластівців. Графічна залежність ступені освітлення стічної води від дози флокулянту наведена на рисунку 11.1.

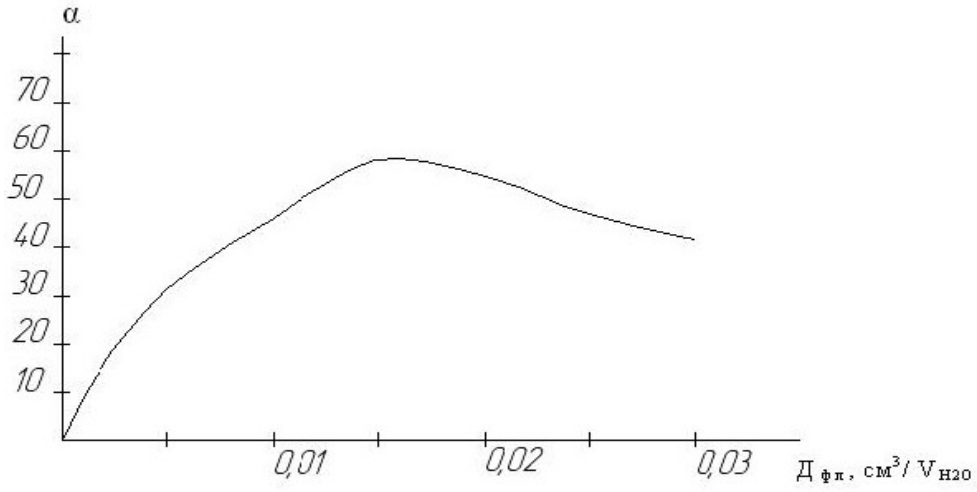

Рисунок 11.1 – Графік залежності $\alpha = f(Д_{фл})$ для флокулянту Besfloc K 4043 модифікованого

В результаті експерименту встановлено, що оптимальною дозою даного 0,1 %-вого розчину флокулянту Besfloc K 4043 модифікованого є 0,015 $см^3/ V_{H2O}$ для робочого розчину стічних вод. При таких умовах забезпечується утворення крупних пластівців, які швидко осаджуються, залишаючи розчин прозорим, тобто спостерігається найбільший ступінь освітлення.

Другий флокулянт, який застосовувався в даній роботі, – ЛМ, 0,1%-вий – кополімер лимонної і молочної кислот. Для збільшення ефективності процесу разом із 0,1 %-вим розчином флокулянту ЛМ використовували коагулянт $FeCl_3$. Дослідження виконували, як і попереднє, за допомогою

стандартних циліндрів, кожен з яких заповнювався робочим розчином (V_{H2O} = 300 $см^3$). Проведено паралельні досліди в залежності від дози флокулянту ($см^3/ V_{H2O}$), що визначається за вище зазначеною формулою. Тривалість процесу коагуляції-флокуляції – 60 хвилин.

Одразу після додавання реагентів до робочого розчину у перші ж хвилини у всіх циліндрах по всьому об’єму спостерігалася поява пластівців, різних розмірів, які з часом почали спливати вгору. При мінімальній дозі

флокулянту ЛМ (0,0033 см^3/ V_{H2O}) візуально спостерігається утворення дрібних пластівців, але вода залишається мутною, зі збільшення вмісту флокулянту (0,0067; 0,01 та 0,013 см^3/ V_{H2O}) спостерігається поява крупних пластівців і вода ставала прозорою. При збільшенні дози флокулянта (0,017 та

0,02 см^3/ V_{H2O}) відбувається подальше освітлення стічних вод. Графічна залежність ступені освітлення стічної води від дози флокулянту наведена на рисунку 11.2.

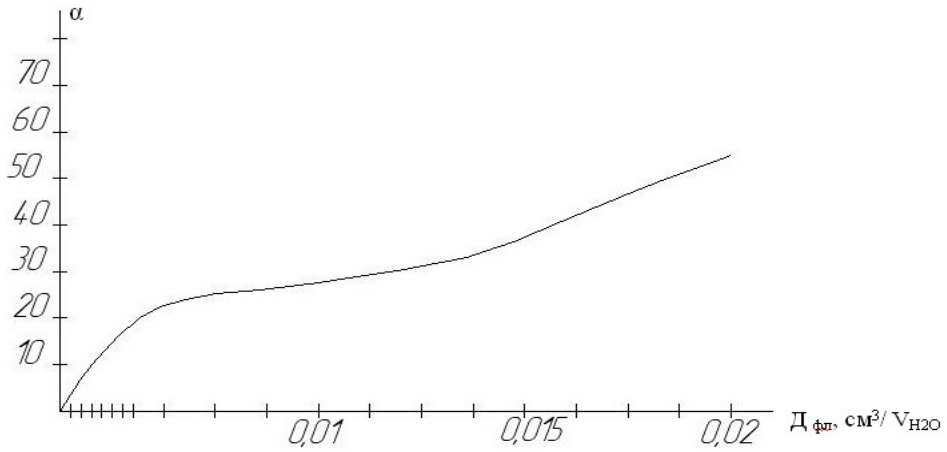

Рисунок 11.2 – Графік залежності $\alpha = f(Д_{фл})$ для флокулянту ЛМ

Було виявлено, що зі збільшенням дози флокулянту, збільшується ступінь освітлення. Оптимальної дози (максимуму) не було досягнуто. Для виявлення найбільш сприятливих умов коагуляції-флокуляції імітатів стічних вод молочної промисловості слід провести додаткові дослідження – вплив лужності (кислотності) середовища, температури тощо.

ВИСНОВКИ

У даному дипломному проекті розроблено виробництво попередньо очищеної природної води для міських котелень з використанням флокулянтів з продуктивністю 195 м ^{3} /год. Для отримання освітленої води у технологічній схемі було здійснено такі процеси як коагуляція, флокуляція, а також механічне фільтрування.

В якості коагулянту було обрано залізний купорос, флокулянту – поліакриламід. Також було застосовано вапнування для більш ефективного протікання процесу попереднього очищення.

Наведено технологічну схему та її опис. Розраховано основний технологічний апарат –освітлювач ВТИ-250 И та допоміжне технологічне обладнання у відповідності із заданою продуктивністю.

На підставі аналізу особливостей технологічного процесу виробництва попередньо очищеної природної води для міських котелень з використанням флокулянтів, його апаратурного оформлення та норм технологічного режиму розроблено схему автоматизації.

В економічній частині дипломного проекту наведено техніко-економічні показники даного виробництва, показано доцільність використання даного способу водопідготовки. Про це свідчать такі показники як рентабельність (60,59 %), коефіцієнт економічної ефективності (Е=0,38), термін повернення капіталовкладень 2,6 років. Підприємство є прибутковим (1 084 516,94 грн./рік).

На основі аналізу шкідливих та небезпечних факторів у розділі охорони праці розглянуто безпечні умови проведення виробничого процесу.

Розглянуто екологічні питання щодо утилізації твердого залишку після стадії коагуляції і флокуляції – шламу. Його можна використати у будівельній промисловості, а також для виробництва коагулянту, який повторно можна застосовувати у водопідготовці. Розраховано вартість платежів за складування шламу (136 459 грн./рік).

У ході експериментального дослідження перевірено дію нових флокулянтів, що були розроблені кафедрою технології органічних речовин та органічної хімії, ХТФ, НТУУ «КПІ» – ЛМ і Besfloc K 4043 модифікований, моделями робочих розчинів слугували – стічні води, які утворюються на підприємствах молочної продукції.

В результаті експерименту встановлено, що оптимальною дозою даного 0,1 %-вого розчину флокулянту Besfloc K 4043 модифікованого є 0,015 $см^3$/ V_{H2O} для робочого розчину стічних вод. При таких умовах забезпечується утворення крупних пластівців, які швидко осаджуються, залишаючи розчин прозорим, тобто спостерігається найбільший ступінь освітлення. Також було виявлено, що зі збільшенням дози флокулянту ЛМ, збільшується ступінь освітлення,тобто оптимальної дози (максимуму) даного флокулянту не було досягнуто.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кульский, Л.А. Технология очистки природных вод: изд. 2-е, перераб. и доп. / Л.А. Кульский, П.П. Строкач; – К.: Вища шк. Головное узд-во, 1986. – 352 с.
2. Флокуляція та її використання в процесі очищення стічних вод, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://asyan.org/potra/Всеукраїнськи+студентський+архів+Флокуляція+та її+використання+в+процесі+очищення+стічних+вод/main.html, вільний. – Загол. з екрана. –Мова укр.
3. Анионные, катионные и неионные флокулянты в процессах флокуляции, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://nomitech.ru/articles-and-blog/anionnye_kationnye_i_neionnye_flokulyanty_v_protsessakh_flokulyatsii/, вільний. – Загол. з екрана. – Мова рос.
4. Флокулянты, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.waterhim.ru/index.php/spisok-materialov-i-reagentov/16-flokulyanty, вільний. – Загол. з екрана. – Мова рос.
5. Концевой, А.Л. Алгоритмізація і програмування розрахунків про-цесу водопідготовки. Навчальний посібник: На правах рукопису / А.Л. Конце-вой, Н.М. Толстопалова. – К.: 2003. – 44 с.
6. Модифікація поліелектролітів наночастками, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://ua-referat.com/Модифікація_поліелектролітів_наночастками, вільний. – Загол. з екрана. – Мова укр.
7. Запольський, А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води: Підручник. – К.: Вища шк., 2005.- 671 с.
8. «Інструкція з експлуатації освітлювача ВТИ-250И ст. №1 (2) ВПУ СТ «Позняки». – К.: 2015. – 40 с.

9. Аналіз впливу різноманітних факторів на процес флокуляції частинок / М.О. Олійник, Ф.Г. Татаринов // Збагачення корисних копалин, 2012. – Вип. 50(91).
10. Макаров, Г. В. Охорона праці в хімічній промисловості [Текст] / Г. В. Макаров, А. Я. Васин, Л. К. Мариніна. – М.: Химия, 1989. – 497 с.
11. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих
12. Основи охорони праці [Текст]. Підручник,2-е видання, доповнене та перероблене./ За ред. К.Н. Ткачука і М.О. Халімовського – К.: Основа. 2006. – 448 с.
13. Жидецький В. Ц. Практикум з охорони праці [Текст] – Л.: Афіша, 2000. – 392 с.
14. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення
15. Про охорону навколишнього природного середовища. Стаття 50. Екологічна безпека, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://kodeksy.com.ua/pro_ohoronu_navkolishn_ogo_prirodnogo_seredoviwa/statja-50.htm, вільний. Загол. з екрана. – Мова укр.
16. Шлам водоочищення теплоелектростанцій як кальцевмісний наповнювач у виробництві будматеріалів / А.В. Пасенко // Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. – Випуск 3/2013(80). – с. 191-196.
17. «Інструкція з ведення водно-хімічного режиму на СТ «Позняки». К.: 2013. – 22с.
18. Галась М.А., Холмецька Ю.М. Дослідження впливу коагулянтів і флокулянтів на процеси очищення стічних вод [Текст] / Збірка тез доповідей VI Міжнародної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених з хімії та хімічної технології (20-22 квітня 2016 р., м. Київ, НТУУ «КПІ») / Укладач Гайдай О. В. – 279с.– с. 195.