

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Навчально-науковий інститут харчових технологій
Кафедра технології цукру і підготовки води

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)
Оксана КОЧУБЕЙ-ЛИТВИНЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»
В.о.завідувача кафедри
Наталія ГУСЯТИНСЬКА
(підпис) (ім'я та прізвище)

«__» __ лютого 2022 р.

«__» __ лютого 2022 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

зі спеціальності 181 «Харчові технології»
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми «Технології питної води та водопідготовки харчових виробництв»

на тему: Підвищення ефективності очищення технологічних вод у бурякопереробному відділенні цукрового заводу шляхом застосування додаткових реагентів

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ТВ-2-9М

Андрєєва Анна Юріївна
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник Гусятинська Наталія Альфредівна
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

_____ (ім'я та прізвище) (підпис)

Рецензент Любомир ХОМІЧАК
(ім'я та прізвище) (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2022 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Навчально-науковий інститут харчових технологій

Кафедра Технології цукру і підготовки води

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 181 «Харчові технології»

(код і назва)

Освітньо-професійна програма Технології питної води та водопідготовки харчових виробництв»

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри ТЦ і ПВ

Наталія ГУСЯТИНСЬКА

“ ” 2022 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Андреєвої Анни Юріївни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Підвищення ефективності очищення технологічних вод у бурякопереробному відділенні цукрового заводу шляхом застосування додаткових реагентів

керівник роботи Гусятинська Наталія Альфредівна, професор, доктор технічних наук

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “25 жовтня 2021 року №838к

2. Строк подання здобувачем роботи 9 лютого 2022 р.

3. Вихідні дані до роботи

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. Наукова частина Літературний огляд. Аналіз фізико-хімічних процесів очищення технологічних вод. Об'єкти і методи досліджень. Експериментальні дослідження. Дослідження ефективності очищення технологічних вод. Оптимізація дослідних даних. Еколого-економічне обґрунтування очищення технологічних вод додатковими реагентами. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу

АНОТАЦІЯ

Магістерська робота складається з 5 розділів, виконана на 140 сторінках, ілюстрована 10 таблицями і 31 рисунками, висновку, списку літературних джерел з 49 найменувань та 10 додатків.

У представленій роботі встановлено нові відомості щодо застосування флокулянту на основі поліакриламідру для очищення транспортерно-мийної води за різних вихідних температур процесу.

Поглиблено теоретичні положення щодо встановлення оптимальних параметрів процесу очищення жомопресової води із застосуванням дефекосатураційного осаду. Розроблено рівняння регресії, що описують ефективність досліджуваних процесів. Визначені оптимальні параметри застосування додаткових реагентів.

Метою роботи є підвищення ефективності очищення технологічних вод у бурякопереробному відділенні цукрового заводу шляхом застосування додаткових реагентів.

Об'єктом дослідження в даній роботі виступає технологія очищення технологічних вод бурякоцукрового виробництва.

Предметом досліджень є використання додаткового хімічного реагенту – флокулянту на основі поліакриламідру для очищення транспортерно-мийної води, дезінфектанту «НІМЕХ DDC», дефекосатураційного осаду для очищення жомопресової води, цеоліту для деамонізації конденсату вторинних парів.

Ключові слова: жомопресова вода, транспортерно-мийна вода, конденсат вторинних парів, флокулянт, дефекосатураційний осад, цеоліт.

АННОТАЦИЯ

Магистерская работа состоит из 5 разделов, выполнена на 140 страницах, иллюстрирована 10 таблицами и 31 рисунками, заключения, списка литературных источников из 49 наименований и 10 приложений.

В представленной работе установлены новые сведения по применению флокулянта на основе полиакриламида для очистки транспортерно-моечной воды при различных выходных температурах процесса.

Углублены теоретические положения по установке оптимальных параметров процесса очистки жомопрессовой воды с применением дефекосатурационного осадка. Разработаны уравнения регрессии, описывающие эффективность изучаемых процессов. Определены оптимальные параметры применения дополнительных реагентов.

Целью работы является повышение эффективности очищения технологических вод в свеклоперерабатывающем отделении сахарного завода путем применения дополнительных реагентов.

Объектом исследования в данной работе выступает технология очистки технологических вод свеклосахарного производства.

Предметом исследований является использование дополнительного химического реагента – флокулянта на основе полиакриламида для очистки транспортерно-моечной воды, дезинфектанта «НІМЕХ DDC», дефекосатурационного осадка для очистки жомопрессовой воды, цеолита для деамонизации конденсата вторичных паров.

жомопрессовая вода, транспортерно-моечная вода, конденсат вторичных паров, флокулянт, дефекосатурационный осадок, цеолит.

ANNOTATION

The master's thesis consists of 5 sections, 140 pages, illustrated with 10 tables and 31 figures, conclusions, a list of references from 49 titles and 10 appendices.

In the presented work new data on the use of a polyacrylamide-based flocculant for the purification of transporter-washing water at different process outlet temperatures are established.

Theoretical provisions for setting the optimal parameters of the pulp press water purification process with the use of defecosaturation sludge have been deepened. Regression equations describing the efficiency of the studied processes have been developed. The optimal parameters for the use of additional reagents are determined.

The aim of the work is to increase the efficiency of technological water purification in the beet processing department of the sugar factory by using additional reagents.

The object of research in this work is the technology of purification of technological waters of beet sugar production.

The subject of research is the use of an additional chemical reagent - a flocculant based on polyacrylamide for purification of conveyor and washing water, disinfectant "HIMEX DDC", defecosaturation sludge for purification of press water, zeolite to deammonize condensate secondary vapors.

The master's thesis consists of 5 sections, 140 pages, illustrated with 10 tables and 31 figures, conclusions, a list of references from 49 titles and 10 appendices.

pulp press water, conveyor and washing water, condensate of secondary vapors, flocculant, defecosaturation sludge, zeolite.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ СПОСОБІВ ПІДГОТОВКИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВОД У ВИРОБНИЦТВІ ЦУКРУ	11
1.1. Загальна характеристика водоспоживання на цукровому заводі.....	11
1.2. Аналіз способів підготовки живильної води для екстрагування сахарози...14	
1.2.1. Вимоги до якості живильної води для екстрагування сахарози з бурякової стружки.....	14
1.2.2. Застосування хімічних реагентів для підготовки живильної води.....	17
1.2.3. Аналіз способів підготовки жомопресової води.....	21
1.2.4. Дезінфекція живильної води.....	24
1.2.5. Аналіз способів очищення конденсату вторинних сокових парів.....	26
1.3. Аналіз способів очищення транспортерно-мийної води.....	28
Висновки до розділу 1.....	34
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	36
2.1. Об'єкти та предмет дослідження.....	36
2.2. Методи досліджень.....	38
2.3. Математична обробка та оцінка точності експериментів.....	40
Висновки до розділу 2.....	41
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОЧИЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВОД У ВИРОБНИЦТВІ ЦУКРУ	42
3.1. Дослідження якості жомопресової води для екстрагування сахарози з бурякової стружки.....	43
3.2. Дослідження ефективності очищення ЖПВ із застосуванням дефекосатураційного осаду.....	47
3.3. Дослідження ефективності видалення аміаку із конденсатів вторинних сокових парів.....	57
3.4. Дослідження застосування флокулянту «Магнафлок LT27» для очищення ТМВ.....	60

3.5. Аналіз ефективності дезінфікуючого засобу «НІМЕХ DDC» щодо контамінуючої мікрофлори жомопресової води у виробництві цукру з буряків.....	64
3.6. Розроблення технологічної схеми очищення жомопресової води з використанням дефекосатураційного осаду.....	67
Висновки до розділу 3.....	69
РОЗДІЛ 4. ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ТРАНСПОРТЕРНО-МИЙНОЇ ВОДИ.....	71
4.1. Постановки задачі оптимізації.....	71
4.2. Знаходження коефіцієнтів рівняння регресії, що описує процес очищення транспортерно-мийної води флокулянт «Магнофлок LT 27».....	74
4.3. Визначення оптимальних параметрів ефекту осадження осаду транспортерно-мийної води.....	77
Висновки до розділу 4.....	78
РОЗДІЛ 5. ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ОЧИЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВОД У БУРЯКОПЕРЕРОБНОМУ ВІДДІЛЕННІ.....	79
5.1. Екологічні аспекти застосування дефекосатураційного осаду та дезінфектанту «НІМЕХ DDC» для очищення жомопресової води.....	79
5.2. Економічні розрахунки впровадження технології застосування дефекосатураційного осаду для очищення жомопресової води.....	82
Висновки до розділу 5.....	85
ВИСНОВКИ.....	86
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	88
ДОДАТКИ.....	95

ВСТУП

Бурякоцукрове виробництво відіграє провідну роль щодо забезпечення споживчого ринку України товарним цукром. Першочерговим завданням галузі є підвищення виходу цукру з одиниці сировини, зниження питомих витрат палива і вапняку. Поставлене завдання може бути вирішене за рахунок удосконалення основних процесів перероблення цукрових буряків, впровадження нових прогресивних технологій та нового високотехнічного обладнання. Виробництво цукру є однією з стратегічних галузей харчового виробництва України. Але існують значні проблеми розвитку ринку цукрового виробництва в Україні і світі, що пов'язані з надлишком виробленої продукції відповідно до ринку споживання і часто низькою ціною на нього. До того ж, виробники змушені працювати в умовах недостачі сировини, здорожчання енергоресурсів, застарілого обладнання, недостатньо кваліфікованого сезонного персоналу та інших негативних факторів.

Необхідно зазначити, що виробництво цукру з буряків належить до найбільш водоемних серед галузей харчової промисловості, що потребує подальшої уваги як науковців, так і виробничників щодо удосконалення схем водопостачання.

Мета роботи підвищення ефективності очищення технологічних вод у бурякопереробному відділенні цукрового заводу шляхом застосування додаткових реагентів.

Завдання досліджень полягали в наступному:

- оцінка існуючих і вибір найбільш ефективних способів очищення транспортерно-мийної води та живильної води для екстракції сахарози із буряків;
- дослідження якості технологічних вод у виробництві цукру;
- встановлення оптимальних параметрів дозування флокулянту для очищення транспортерно-мийної води;

- визначення раціональних параметрів процесу очищення жомопресової води із застосуванням дефекосатураційного осаду;
- дослідження ефективності застосування дезінфектанту «НІМЕХ DDC» для обробки жомопресової води;
- дослідження ефективності видалення аміаку з конденсату вторинних парів із застосуванням цеоліту;
- розроблення ефективного способу очищення живильної води для екстрагування сахарози з бурякової стружки;
- еколого-економічне обґрунтування запропонованої схеми підкоговки технологічних вод у бурякопереробному відділенні цукрового заводу.

Об'єктом дослідження в даній роботі виступає технологія очищення технологічних вод бурякоцукрового виробництва.

Предметом досліджень є використання додаткового хімічного реагенту – флокулянту на основі поліакриламідру для очищення транспортерно-мийної води, дезінфектанту «НІМЕХ DDC», дефекосатураційного осаду для очищення жомопресової води, цеоліту для деамонізації конденсату вторинних парів.

Методи досліджень. Під час виконання кваліфікаційної роботи були використані стандартні та загальновідомі методи досліджень, що забезпечують виконання поставлених завдань. Оптимізацію технологічних параметрів здійснювали шляхом попереднього розроблення математичної моделі досліджуваних процесів.

Наукова новизна. Встановлено нові відомості щодо застосування флокулянту на основі поліакриламідру для очищення транспортерно-мийної води за різних вихідних температур процесу.

Поглиблено теоретичні положення щодо встановлення оптимальних параметрів процесу очищення жомопресової води із застосуванням дефекосатураційного осаду. Розроблено рівняння регресії, що описують ефективність досліджуваних процесів. Визначені оптимальні параметри застосування додаткових реагентів.

Практичне значення роботи. Реалізація запропонованої технології очищення дозволить підвищити ефект очищення технологічних вод при переробці цукрових буряків. Очікуваний економічний ефект від впровадження запропонованих способів підвищення ефективності очищення жомопресової води шляхом застосування дефекосатураційного осаду становить 664,5 тис грн.

Апробація результатів роботи. Результати досліджень за напрямком магістерської роботи доповідались та обговорювались на наукових конференціях різних рівнів, а саме:

- 87-а міжнародна наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів «НАУКОВІ ЗДОБУТКИ МОЛОДІ – ВИРІШЕННЮ ПРОБЛЕМ ХАРЧУВАННЯ ЛЮДСТВА У ХХІ СТОЛІТТІ» 15–16 квітня 2021 р.

Структура і обсяг дипломної магістерської роботи. Магістерська робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, переліку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг роботи 140 сторінок комп'ютерного тексту, ілюстрована 10 таблицями і 31 рисунками, 10 додатків, список літературних джерел з 49 найменувань.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ СПОСОБІВ ПІДГОТОВКИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВОД У ВИРОБНИЦТВІ ЦУКРУ

1.1. Загальна характеристика водоспоживання на цукровому заводі

Виробництво цукру із буряків, як відомо, відноситься до найбільш водоемних галузей переробної промисловості. Вода, що споживається у бурякоцукровому виробництві, відіграє важливу роль. Вона приймає безпосередню участь в більшості технологічних, теплотехнічних та механічних процесах виробництва основними із яких є екстракція цукру із бурякової стружки; промивання фільтраційного осаду та цукру в центрифугах клерування та розпускання цукрів. Використовується також вода і в якості хімічного реагента при одержанні вапнякового молока із оксиду кальцію.

Значна кількість води в бурякоцукровому виробництві використовується як охолоджувальний агент: при конденсації утфельної пари; для охолодження напівпродуктів виробництва; охолодження і промивання сатураційного газу, а також для охолодження різних агрегатів, компресорів, підшипників насосів.

Використовується також значна кількість води і в якості середовища, що транспортує: Подача буряків в завод, видалення відходів виробництва із заводу, жому, фільтраційного осаду, транспортерно-мийного осаду до місць їх складування.

Згідно типових балансових схем водоспоживання і водовідведення загальна кількість води, яка використовується в бурякоцукрового виробництва залежить як від технічного рівня основного виробництва, так і від технічного рівня водного господарства цукрового заводу. Ця кількість знаходиться в межах 2100%-2450% до маси буряків. Витрати ж свіжої технічної води із поверхневих водойм відповідно складають 70% і 164% до маси буряків. Цукровий завод також споживає воду питної якості із підземних артезіанських свердловин, або воду із водопроводу в кількості 7%-10% до маси буряків. При

складанні балансу води по заводу враховується також вода що міститься в буряках в кількості 75% до маси буряків.

Вода, яка використовується в бурякоцукровому виробництві частково втрачається на випаровування при проведенні технологічних процесів, втрачається на безповоротне водоспоживання, і значна частка води в процесі використання забруднюється і в силу неможливості подальшого використання виводяться із заводу і являються стічними водами бурякоцукрового виробництва і направляються на спеціальне біологічне очищення. Таким чином, кількість води, яка використовується на цукровому заводі в основному залежить від кількості стічних вод, які утворюються в процесі виробництва.

Втрати води на випаровування в технологічних процесах та кількість води на безповоротне водоспоживання майже не залежить від технічного рівня основного виробництва та технічного рівня водного господарства, в той же час кількість стічних вод, які утворюються в виробництві, в значній мірі залежить як від технічного рівня основного виробництва, так і від технічного рівня водного господарства цукрового заводу.

Тому, одним із шляхів зниження втрат свіжої води і кількості стічних вод буряку цукровому виробництві є підвищення технічного рівня основного виробництва, впровадження у виробництво новітніх технологій, заміна технологічних процесів і обладнання, які пов'язані з використанням води і утворенням стічних вод. Прикладом модернізації основного виробництва, яке направлено як на зниження втрат цукру, так і зниження втрат води і кількості стічних вод є впровадження автоматизованих камерних фільтр-пресів для соку І сатурації.

Для забезпечення сучасного бурякоцукрового заводу водою використовують різні системи водопостачання як із послідовним використанням води, так і з оборотним використанням води [41]. Ці системи водопостачання дозволяють значно знизити витрати свіжої води та зменшити кількість стічних вод, які скидають цукровий завод на біологічне очищення.

Вода, як природний ресурс згідно природоохоронного законодавства України надається для виробничих потреб по спеціальним дозволом і за відповідну плату. Тому вода для потреб цукрового заводу може розглядатися як сировина, використання якої в бурякоцукровому виробництві впливає на економічну ефективність виробництва і відповідно потребує раціонального використання.

Важливим з точки зору забезпечення бурякоцукрового виробництва водою є оборотні системи вод I категорії головного корпусу цукрового заводу та системи гідротранспорту і миття буряків, так звані води II категорії. Названі оборотні системи водопостачання є основними, які формують основні параметри по водоспоживанню і водовідведенню бурякоцукрового заводу.

Вода, що використовується для охолодження і конденсації в цукровому виробництві повинна задовольняти відповідні вимоги до якості, а саме: температура не повинна перевищувати 22-24°C, концентрація завислих речовин не повинна перевищувати 200 мг/л, оборотна вода повинна бути термостабільною. Згідно технічних умов експлуатації цієї системи передбачено її продувка, тобто скидання 1% до маси буряків оборотної води стічні води.

Результати обстежень оборотних систем від першої категорії головного корпусу на цукрових заводах, виконані УкрНДЦП [41], показали що ці системи експлуатуються зі значними скидами оборотних вод в стічні води, що призводить до підвищення витрат свіжої води і збільшення кількості стічних вод.

Причинами такого стану цих оборотних систем є підвищена температура води, яка повертається в завод - близько 26...32°C; та високий ступінь забрудненості води органічними речовинами - продуктами виробництва, а також зависями механічного та біологічного походження. Особливо негативний вплив на якість оборотної води спричиняє забруднення продуктами виробництва, в результаті яких на градирнях інтенсивно розвиваються біологічні обростання, які знижують теплообмін між водою і повітрям і ступінь охолодження води, який призводить до необхідності збільшення добавки свіжої води в систему.

Стабілізацію якості води в системі забезпечують заходи по удосконаленню схеми, яка передбачає виключення шляхів надходження продуктів виробництва в оборотні води за рахунок удосконалення групових ситуаційних пристроїв утвореної пари по ефективному затриманню бризковинесень із вакуум-апаратів.

Оборотна система гідротранспорту та миття буряків, потужність якої складає більше 1000% до маси буряків, являється на сьогодні найбільшим споживачем як свіжої води, так і джерелом утворення стічних вод в бурякоцукровому виробництві. Вода в цій системі найбільш забруднена. Ступінь забруднення води залежить від якості і ступеня забрудненості буряків.

1.2. Аналіз способів підготовки живильної води для екстрагування сахарози

В якості живильної води використовують: жомопресову, конденсат вторинних сокових парів та барометричну. При виборі виду живильної води для дифузійної установки, що впливає на якість дифузійного соку, враховується необхідність збереження довкілля шляхом зменшення споживання заводом свіжої води та зменшення кількості стічної води. Цьому сприяє створення замкненого циклу водоспоживання дифузійної установки з поверненням жомопресової води та конденсату з випарної станції.

1.2.1. Вимоги до якості живильної води для екстрагування сахарози з бурякової стружки

Процесу вилучення сахарози з бурякової стружки в значній мірі залежить від якості живильної води, а також способу підготовки води.

Джерела водопостачання цукрових заводів, як правило, не забезпечують необхідну якість води, що призводить до значних труднощів в технологічному процесі. Отже, наявність мінеральних та органічних сполук, колоїдних домішок у барометричній воді негативно впливають на технологічні показники дифузійного соку. Крім того, на технологічний процес негативно впливає

високе значення показника рН₂₀ живильної води: пектинові речовини бурякової тканини розкладаються, стружка розм'якає, вкривається слизом, внаслідок чого процес екстрагування сахарози значно утруднюється, а жом втрачає здатність до віджимання.

Для визначення оптимальних показників якості живильної води, що використовується в процесі екстрагування сахарози з бурякової стружки, присвячено велику кількість робіт вітчизняних, та зарубіжних науковців по дослідженню впливу хімічного складу використовуваних вод на технологічні показники роботи цукрових заводів. На думку багатьох дослідників [38], підвищений вміст у живильній воді лужних металів, солей кальцію та магнію створює негативний вплив на технологічний процес і призводить до підвищених втрат цукру з мелясою С. Бетгер своїми дослідженнями довів, що підвищення жорсткості живильної води, яка надходить до дифузійної установки, в 5-10 разів, є основною причиною підвищення виходу меляси з 3,6 % до 4,5-5,0 %.

В багатьох роботах науковців [22, 23, 24, 25] доведено, що для процесу екстрагування цукрози із бурякової сировини необхідно застосовувати воду з слабокислою реакцією середовища (рН₂₀ = 5,8 - 6,2), що пов'язано з мінімальним переходом високомолекулярних сполук у дифузійний сік та очищенням клітинного соку в процесі екстрагування.

Думку про негативний вплив високої жорсткості води на процес екстрагування сахарози підтримує М.П. Сілін. М.Д. Зуєв зауважує, що живильна вода виявляє значний вплив і на кількість та склад накипу у випарній установці .

Тривалий час дослідники вважали, що нецукри живильної води адсорбуються буряковою стружкою, а незначна їх кількість, що залишається у соку, не призводить до погіршення технологічних показників дифузійного соку. Дослідженнями було визначено, що у зв'язку з недостатністю тривалості процесу вилучення сахарози для вирівнювання концентрацій електролітів у системі, 85-90 % аніонів, введених із живильною водою, залишається в соку.

Крім того, одним із важливих показників якості живильної води, який суттєво впливає на процес екстрагування сахарози із бурякової стружки, є її мікробіологічна забрудненість [34]. Живильна вода є одним із джерел зараження дифузійного апарату, що призводить до розвитку мікробіологічних процесів, а отже, до збільшення втрат сахарози, і негативно впливає на ефективність роботи не лише дифузійної установки, але і виробництва в цілому.

Проаналізувавши наукові роботи, присвячені дослідженню впливу екстрагента на якісні показники отримуваних дифузійних соків, було виявлено, що необхідною є підготовка екстрагента перед подачею його в дифузійний апарат. Вважається, що підготовка має забезпечити отримання екстрагента середньої жорсткості, з високим ступенем буферності і із оптимальним для процесу дифузії значенням рН₂₀. [5]

Використання жомопресової води та конденсатів вторинних сокових парів дозволяє вирішити питання живильної води для дифузійної установки. Проте на більшості цукрових заводів зазначені води не використовуються для живлення дифузійної установки, що пов'язане з необхідністю хімічного очищення жомопресової води та високою лужністю конденсатів, зниження якої шляхом сульфатації від рН₂₀ 10-10,5 до 5,8-6,5 утруднене.

Отже, очищенню живильної води для дифузійних установок необхідно приділяти максимальну увагу. Під час розроблення способу підготовки живильної води першочерговим є вирішення наступних питань:

- вода не повинна містити домішок, які призводять до ускладнення технологічних процесів на наступних станціях заводу;
- значення рН₂₀ середовища, буферність і температура мають відповідати оптимальним умовам ведення процесу;
- забезпечення стерилізації живильної води, як основного джерела інфікування дифузійної установки.

Підготовка живильної води на дифузію великою мірою впливає на якість дифузійного соку та ефективність його очистки. Найважливішим показником живильної води є величина рН, що впливає на перехід в дифузійний сік пектинових речовин. Відомо, що мінімальний перехід ПР в сік досягається за рН 5,0-6,0, значить це і є оптимальним значенням.

Отже, очищення живильної води є актуальним завданням у виробництві цукру. При розробленні способу очищення живильної води слід забезпечити: видалення з води завислих частинок; стерилізацію живильної води, як основного джерела інфікування дифузійного соку; забезпечити відповідність температури та рН₂₀, значенням, що задовольняють технологічний режим.

1.2.2. Застосування хімічних реагентів для підготовки живильної води

Для підготовки живильної води використовують хімічні реагенти, зокрема діоксин сірки, сірчану кислоту, солі алюмінію та ін.

На більшості заводів живильну воду готують з використанням SO₂. Сульфитація має як позитивні, так і негативні впливи. Один із останніх – залишкова кількість SO₂ в дифузійному соку ускладнює застосування деяких дезінфікуючих засобів, наприклад перекисі водню, котра вступає в реакцію відновлення. Тому сьогодні часто застосовують мінеральні кислоти для нормалізації кінцевого рН живильної води. Для цього застосовують сірчану та фосфорну кислоти. Але для цього потрібно мати автоматизовану систему точного дозування, тому що в протилежному разі можлива сильна корозія обладнання

Сучасні способи екстрагування дозволяють підвищити ефект очищення соку під час дифузії на 20-30% за рахунок застосування хімічних реагентів для підготовки живильної води.

Неодноразово відновлювались спроби використання вапна для хімічного оброблення бурякової стружки. Вивчення будови пектинових речовин та механізму їх взаємодії з іонами кальцію дозволили встановити оптимальні параметри процесу обробки бурякової стружки: температура проведення

процесу повинна не перевищувати 25 °С, тривалість процесу – не більше 30 хвилин, а оптимальні витрати вапна складають 0,4 % СаО до маси буряків. Така стружка в процесі екстрагування утримує значну кількість колоїдів та розчинених солей кальцію, внаслідок чого підвищується її пружність, а дифузійний сік стає прозорим та менш забарвленим. Проте необхідно зазначити, що при проведенні екстрагування у лужному середовищі у разі недотримання оптимального технологічного режиму погіршується якість дифузійного соку.

В роботах М.І. Даїшева показано, що інтенсифікувати процес екстрагування сахарози з бурякової стружки можна попередньо обробивши її протягом 3...5 хв кальційвмісним розчином – попередньо пересатурованим до рН₂₀ 6,0...8,0 для утворення Са(НСО₃)₂, або нефільтрованим соком 1 сатурації. Після відділення соку стружку промивають відібраним із апарата дифузійним соком для видалення лужного цукровмісного розчину з наступним відділенням стружки від соку, сік далі направляють на очищення. Проте запропонований спосіб не отримав промислового впровадження внаслідок складності виконання.

Крім того, відомий спосіб, який передбачає екстрагування сахарози з бурякової стружки з використанням від сульфатованого до рН₂₀ 5,5-6,5 промью, отриманого при промиванні сатураційного осаду, що дає можливість зменшити забарвленість та підвищити чистоту очищеного соку.

Проте запропоновані способи не дозволяють досягти високого ефекту очищення, складні в апаратурному оформленні та дотриманні технологічних параметрів процесу. Відхилення від оптимального технологічного режиму в запропонованих способах може спричинити підвищений вміст пектинових та редукувальних речовин в дифузійному соку і солей кальцію в очищеному соку.

В цукровій промисловості відомі способи використання солей алюмінію, зокрема сульфату алюмінію. Особливо ефективно використання цього реагенту спостерігається при очищенні води з високим вмістом гумінових та дубильних речовин. В природній воді колоїдні та мінеральні домішки мають переважно

негативний заряд. В процесі очищення її сульфатом алюмінію утворюються позитивно заряджені аквагідрокомплекси алюмінію, що взаємодіють з гідратною оболонкою седиментованих колоїдних домішок з утворенням водневих зв'язків та нейтралізацією заряду. Таким чином, колоїдні домішки грають роль поверхні адсорбційно-коагуляційної взаємодії та сприяють утворенню більш щільних агрегатованих структур. Реагентом обробляють бурякову стружку в процесі ошпарювання, або вводять його до екстрагенту. Витрати сульфату алюмінію – 0,006-0,008 % до маси буряків. А.А. Ліпец зі співавторами дослідили вплив сульфату алюмінію на процес екстрагування сахарози з бурякової стружки та якість одержаного дифузійного соку. При введенні в живильну воду коагулянту $Al_2(SO_4)_3$ відбувається гідроліз з утворенням колоїдного гідроксиду алюмінію, який має велику активну адсорбційну поверхню. Колоїдні домішки живильної води та бурякового соку адсорбуються на поверхні частинок гідроксиду алюмінію. Адсорбція нецукрів залежить від їх дисперсності.

На сьогоднішній день найбільш ефективними коагулянтами для очищення питної води є основні солі алюмінію, зокрема дигідроксо-, гідроксо-сульфати і хлориди алюмінію. Вони мають кращу адсорбційну здатність, ніж сульфат алюмінію.

Необхідно зазначити, що основний сульфат алюмінію (ОСА) добре розчиняється у воді, не потребує великого лужного резерву для пластівцеутворення, працює в широкому інтервалі рН₂₀ очищуваної води і має високу пластівцеутворювальну здатність. Коагуляційні властивості основного сульфату алюмінію зумовлені його здатністю до утворення при гідролізі полімерних гідроксокомплексів, які несуть високий позитивний заряд. Утворюються різні полімерні форми, такі як: $[Al_6(OH)_{15}]^{3+}$, $[Al_8(OH)_{20}]^{4+}$, $[Al_{13}(OH)_{34}]^{5+}$. Після утворення продуктів гідролізу основного сульфату алюмінію, які мають сильно розвинену поверхню і позитивний заряд, відбуваються процеси гетерокоагуляції найбільш високодисперсних частинок і адсорбція на поверхні гідроксиду алюмінію розчинних органічних речовин.

Запропоновано ряд способів підготовки живильної води для екстрагування цукрози із бурякової сировини, що включає обробку води газоподібним діоксидом сірки та коагулянтном сульфатом чи основним сульфатом алюмінію [6]. В основу винаходу поставлена задача створення найбільш ефективного способу підготовки води для екстрагування цукрози з метою одержання живильної води необхідних значень рН та одержання дифузійного соку високої чистоти, що призводить до збільшення виходу цукру та зменшення втрат його в мелясі. Поставлене завдання вирішується тим, що живильну воду для екстрагування цукрози із бурякової сировини обробляють газоподібним діоксидом сірки. Згідно винаходу після цього вводиться коагулянт дигідрокосульфат алюмінію (ДГСА) в кількості 0,02 - 0,08% до маси води. Спосіб здійснюється таким чином. Живильна вода підлягає сульфатації діоксидом сірки з наступним додаванням коагулянта дигідрокосульфата алюмінію в кількості 0,02 - 0,08 % до маси води.

Науковцями НУХТ розроблено спосіб екстрагування сахарози з бурякової стружки, що передбачає додавання до живильної води додатково додають порошкоподібний адсорбент цеоліт-клинотилоліт у кількості 0,05...0,3 % до маси буряків [7]. У разі введення до живильної води порошкоподібного адсорбенту цеоліту-клинотилоліту відбуваються фізико-хімічні процеси в системі вода-буряковий сік. Внаслідок цих процесів частина нецукрів осаджується всередині бурякової тканини, а деяка кількість - адсорбується на поверхні цеоліту, що зумовлює покращення якості одержаного екстракту - дифузійного соку. Перебіг фізико-хімічних процесів очищення живильної води та соку пояснюється адсорбційними властивостями цеоліту-клинотилоліту. Спосіб підготовки живильної води при додаванні порошкоподібного цеоліту-клинотилоліту призводить до одержання дифузійних соків високої чистоти за рахунок адсорбції на своїй поверхні значної кількості нецукрів, це збільшує вихід цукру та зменшує втрати його в мелясі. При цьому чистота дифузійного соку підвищується на 0,4...2,5 од., а також знижується вміст декстрану до 38,5 %.

Також, авторами [5] запропоновано спосіб екстрагування сахарози з бурякової стружки, який включає миття коренеплодів цукрових буряків, відділення від них сторонніх легких і важких домішок, подрібнення коренеплодів до стружки, екстрагування сахарози з бурякової стружки живильною водою з додаванням колоїдного розчину гідроксиду алюмінію у кількості 0,01-2 % до маси води. Застосування гідроксиду алюмінію в колоїдному стані (з розміром частинок 5-300 нм), що має високорозвинену питому поверхню та позитивний дзета-потенціал, сприяє високому ступеню коагуляції в процесі екстрагування від'ємно заряджених молекул високомолекулярних сполук (пектинових та білкових речовин), які в найбільшій кількості входять до складу клітинного соку та бурякової тканини. До того ж відсутній ефект зміни оптимального рН процесу екстрагування, оскільки розчин гідроксиду алюмінію має рН²⁰ 6,8.

1.2.3. Аналіз способів підготовки жомопресової води

На бурякоцукровому виробництві існують різні варіанти очищення жомопресової води без використання добавок хімічних речовин та з їх використанням.

Всі існуючі способи підготовки жомопресової води, що повертаються в технологічний процес екстракційної установки, можна поділити на групи:

- не передбачаючи механічного, фізико-хімічного і теплового підготовлення (повернення води безпосередньо після жомопресів і мезговловлювачів);
- передбачаючи термічну стерилізацію і механічне очищення (седиментація);
- передбачаючи механічне та фізико-хімічне очищення і теплову стерилізацію [8].

При цьому було встановлено, що вода, що містить цукор і інші органічні речовини, легко зброджується і внаслідок цього негативно впливає на процес сокодобування і є причиною збільшення неврахованих втрат цукру у

виробництві[9]. Однією з необхідних умов очищення жомопресової води є скорочення шляху її обробки і транспортування, що сприяє зменшенню втрат тепла і зниженню втрат цукру за рахунок його розкладання [27].

Ліпец А.А., Гусятинська Н.А., Навроцький Ю.Б., Гусятинський М.В., Вержбицький О.В запропонували спосіб [2], що включає механічну очистку води від мезги, хімічну обробку жомопресової води, відділення осаду, сульфгацію. Згідно винаходу процес очищення жомопресової води проводять осадом І сатурації в кількості 4 - 8% до маси води. Використання осаду І сатурації дає позитивні показники очищення жомопресової води при меншій лужності очищеної води, що призводить до зменшення витрат сірки на проведення сульфгації води. На очищення жомопресової води не використовується $\text{Ca}(\text{OH})_2$, а відхід виробництва у вигляді осаду і сатурації, що призводить до зменшення витрат вапнякового каменю і палива, а також не потребується обладнання для дефекосатураційної води, що призводить до економії матеріальних витрат. Спосіб здійснюється таким чином жомопресова вода підлягає механічному відділенню від мезги, очищення жомопресової води проводять осадом і сатурації в кількості 4 - 8% до маси води з наступним відділенням осаду і сульфгацією.

Спосіб призводить до одержання жомопресової води високої чистоти за рахунок використання відходу виробництва - осаду і сатурації, що збільшує чистоту дифузійного соку, а це призводить до зменшення втрат цукру в мелясі і збільшення його виходу.

Мількевич В.М., Костенко А.М., Кульковець Н.В., Осадчий Л.М. запропонували спосіб обробки жомопресової води дефекосатурацією[1], що передбачає охолодження води до 46°C і нижче, обробку її вапняним молоком з одночасною дефекосатурацією до величини рН від 8,6 до 10,2 при здійсненні циркулярі води в кількості не менше 350% з послідуочим відстоюванням та закисленням води сірчистим газом до величини рН від 5,0 до 7,2 відрізняється тим, що жомопресову воду після одночасної дефекосатурації перед відстоюванням підігрівають не менше ніж до 68°C . Шляхом забезпечення

комплексного поєднання певних величин окремих факторів, що впливають на процес очистки жомопресованої води і впливу використання очищеної води цим способом на процес екстрагування цукру із бурякової стружки, створюються оптимальні умови для підвищення ефекту очистки води та зниження кількості не цукрів, що повертаються з водою у дифузійний апарат. Підігрів жомопресованої води після проведення одночасної дефекосатурації до температури не менше ніж 18°C забезпечує у воді після дефекосатурації з низькою лужністю рН від 8,6 до 10,2 проведення реакцій розкладу органічних азотистих та пектинових речовин з подальшим виділенням із води внаслідок адсорбції їх на карбонат кальцію, що утворився внаслідок одночасної дефекосатурації при температурі 46°C і менше. При цьому забезпечується підвищення ефекту очистки жомопресованої води і покращення седиментаційних властивостей утвореного осаду за рахунок активізації адсорбційних властивостей осаду і збільшення розмірів осідаючих часточок.

Ліпец А.А., Гусятинська Н.А., Гусятинський М.В. розробили спосіб вилучення цукру з бурякової стружки [3], що включає відділення легких та важких домішок від цукрових буряків, миття, різання буряків до стружки, хімічну обробку стружки, термічну обробку стружки, пресування стружки, повернення пресованої фракції після підігріву на термічну обробку стружки, подальше екстрагування пресованої стружки, який відрізняється тим, що стружка після різання проходить одночасну термохімічну обробку сульфатом алюмінію за рахунок введення його в пресову фракцію в кількості 0,04-0,08% до маси буряків.

Горожанкіна К.К. запропонувала спосіб очищення ЖПВ з використанням магнітного поля. В роботі [10] теоретично обґрунтована та експериментально підтверджено доцільність застосування магнітних полів при очищенні виробничих цукромістких розчинів та наступного їх використання в якості екстрагента при дифузійному знецукренні бурякової стружки. Знайдені залежності якісних показників цукровмісних розчинів від способу комбінованого фізико-хімічного очищення екстрагента з використанням

імпульсної магнітної обробки та хімічних реагентів: сульфату алюмінію, сірчаної кислоти, згущеної суспензії соку II сатурації, гіпсу та суспензії сатурації. Визначено оптимальні умови проведення очищення жомопресової води комбінованим фізико-хімічним способом з урахуванням якості сировини, що переробляється. Показано позитивний вплив підготовки ЖПВ комбінованим фізико-хімічним способом на мікробіологічну обсімененість екстрагенту та дифузійного соку.

Результати досліджень Ліпец А.А., Гусятинської Н.А, Решетняк Л.Р., Навроцького Ю.Б. [30] показали, що зі збільшенням ступеня ураженості буряків слизовим бактеріозом доброякісність дифузійного соку знижується. Особливо це помітно при вмісті слизового бактеріозу більше 5% при роботі з поверненням ЖПВ без хімічного очищення її. Хімічна очистка жомопресової води сульфатом алюмінію дозволяє переробляти буряк, заражений слизовим бактеріозом у межах 10% до маси буряків.

1.2.4. Дезінфекція живильної води

Мікробна обнасіненість вод природних водоймищ залежить від сезону, температури, наявності стічних вод, опадів, глибини та дальності відбору від берега. В основному, у річковій воді знайдено наступні види спорових мікроорганізмів: *Bacillus subtilis*, *B. mesentericus*, *B. megatherium*, *B. mycoides*. Ці мікроорганізми являються типовими представниками амоніфікаторами, але при потраплянні в середовище, яке містить сахарозу, 85 вони використовують її як джерело енергії. В середньому у річковій воді міститься $1...2 \times 10^3$ КУО/мл; в ставковій – $8...10 \times 10^3$ КУО/мл [31].

Наталія Гусятинська, Тетяна Нечипор, Світлана Тетеріна, Людмила Решетняк [31] писали, що в умовах бурякоцукрового виробництва актуальним є зменшення витрат свіжої води шляхом інтенсифікації нових технологій у виробництві, впровадження оборотних систем водопостачання, систем повторного використання води у виробництві. Проте використання такої води ускладнюється через накопичення в ній мікроорганізмів. Також зростає

тенденція до загального погіршення якості вод природних водойм, що в свою чергу вимагає максимального використання в якості екстрагенту для процесу вилучення сахарози з бурякової стружки альтернативних джерел водних ресурсів. Таким чином, використання жомопресової води та конденсатів вторинних сокових парів дозволяє вирішити питання живильної води для дифузійної установки. Вміст мікроорганізмів в барометричній воді залежить від методу її обробки. В 1 см³ необробленої барометричної води міститься в середньому $8 \times 10^3 \dots 2 \times 10^5$ КУО. В сульфатованій барометричній воді кількість мікроорганізмів дещо зменшується: $5 \times 10^3 \dots 8 \times 10^4$ КУО/мл. Жомопресова вода містить велику кількість мікроорганізмів: $10^5 \dots 10^6$ КУО/мл. Вміст мікроорганізмів у жомопресовій воді залежить в значній мірі від якості буряку, що переробляється. В жомопресовій воді знайдені наступні види спороутворюючих мікроорганізмів: *Bacillus subtilis*, *B. mesentericus*, *B. stearothermophilus*, *B. coagulans*, *Clostridium*, слизоутворюючі бактерії роду *Leuconostoc*, *Pseudomonas* дріжджі роду *Saccharomyces* тощо. Чим більша бактеріальна забрудненість дифузійного соку, тим більше мікроорганізмів знаходиться у жомопресовій воді. Отже, перспективним напрямком удосконалення технології вилучення сахарози з бурякової стружки є проведення дезінфекційних заходів в процесах підготовки живильної води для дифузійної установки.

Результати проведених досліджень засвідчили, що засоби на основі полігексаметиленбігуанідин гідрохлориду, четвертинних сполук амонію, натрієвої солі дихлоризоціанурової кислоти, надоцтової кислоти та перекису водню мають високу ефективність по відношенню до більшості мікроорганізмів, які спричиняють втрати сахарози в процесі її екстрагування з бурякової стружки та призводять до погіршення технологічної якості напівпродуктів бурякоцукрового виробництва [31].

1.2.5. Аналіз способів очищення конденсату вторинних сокових парів

Основною причиною, що стримує використання конденсатів є наявність в ній аміаку, який підвищує рН рідини. Аміачні конденсати з випарних апаратів мають концентрацію аміаку біля 300 мг/л.

Способи деамонізацію конденсатів можна розділити наступним чином:

- за рахунок закипання конденсатів у вакуумі [13];
- продуванням повітря через аміачні конденсати через в насадкових колонах [13];
- продуванням повітрям та парою в десорбційних колонах тарільчатого типу [11];
- видаленням електричному полі аміаку з води через спеціальні біполярні мембрани способом електродіалізу [13].

Пономаренко В.В., Вискребцов В.Б. розробили спосіб деамонізації конденсатів цукрового виробництва [12] шляхом десорбції аміаку з аміачних конденсатів випарних апаратів цукрових заводів комбінованим методом з метою їх використання як частини живильної води для дифузійного процесу. Спосіб деамонізації конденсатів цукрового виробництва передбачає розподілення аміачного конденсату зверху насадкової колони з відводом його знизу та протитечійну подачу десорбента фільтрованої рідини, та відведення фільтрату і суспензії. Деамонізацію проводять двоступенево, причому на першому ступені аміак десорбують повітрям в ежекційному апараті, на виході з якого двохфазний потік в циклоні розділяють на насичене аміаком повітря, що видаляють та частково десорбовані конденсати, які разом з циркуляційною рідиною направляють на другий ступінь деамонізації в ежектор для десорбції залишку аміаку низько потенційною парою четвертого корпусу випарної установки і розділяють зверху насадкової колони, в яку для завершення десорбції аміаку знизу подають повітря.

В основу винаходу поставлена задача зниження енергоємності процесу десорбції аміачних конденсатів за рахунок комбінованої десорбції конденсатів спочатку повітрям а потім водяним паром четвертого корпусу випарної установки з використанням ежекційних апаратів.

Технічний результат від використання запропонованого способу деамонізації конденсатів полягає в можливості використання як частини живильної води на екстракцію цукрози в дифузійному апараті деамонізованих конденсатів. Це дозволить отримати дифузійний сік більш високої чистоти, що приводить до збільшення виходу цукру на цукровому заводі.

Ліпець А.А., Малишев В.О., Кудлай Л.А. запропонували спосіб деамонізації конденсатів сокових парів [15], за яким для очищення сокових парів від аміаку використовують природний мінерал цеоліт-кліноптилоліт в кількості два об'єми сорбента на 17-18 об'ємів конденсатів сокових парів. Спосіб здійснюється таким чином. Конденсати сокових парів, які містять розчинний аміак в кількості 150-250 мг/л, фільтрують послідовно через шар цеоліту-кліноптилоліту до максимального видалення аміаку в двох колонах.

Василенко С.М., Петренко В.П., Прядко М.О., Бурлака В.І., Мельник В.А., Рогоза О.Б. розробили апарат для видалення аміаку з конденсату [14]. Апарат для видалення аміаку з конденсатів складений з розташованих у корпусі жолобів переливу, патрубків підведення пари, патрубків підведення та відведення конденсату, патрубків відведення несконденсованих газів, насадки, дренажної решітки, перерозподільвача, згідно винаходу містить колектор з переливними циліндрами з отворами, встановленні кільцеві тарілки з відповідними трубками по колу об'єм апарата, та паророзподільний конус, а під днищем встановлена кільцева камера з патрубком, внутрішня стінка якої має переливні вікна. Тепломасообмінний апарат працює таким чином. Амонізований конденсат, що очищається від аміаку надходить через патрубок і колектор до переливних циліндрів з отворами де переливається на розподільний жолоб і розподіляється по кільцевим тарілкам та циліндричну потім переливається через прорізи і частково зливається через отвори в днищі на верхню решітку, а далі стікає по насадці. А частина конденсату, яка попала на стінку корпусу стікає на перерозподільні кільцеві тарілки і через відповідні трубки надходить в об'єм апарата де перерозподіляється по насадці у вигляді плівки, яка має відносно більшу поверхню контакту з парою і аміак десорбує в

пару. Нагрівна пара через патрубок і паророзподільний конус надходить під дренажну решітку де рівномірно розподіляється під насадкою, скрізь яку він піднімається і надлишкова її кількість конденсується та разом з очищеним конденсатом стікає донизу, де частина його переливається через переливні вікна в кільцеву камеру, звідки виходить через патрубок, друга частина виходить через патрубок, а пара з аміаком піднімається і виходить через патрубок. Тепломасообмінний апарат, що пропонується, технологічний у виготовленні, має високу інтенсивність масообміну та ступінь очистки конденсату від аміаку, надійний в експлуатації.

1.3. Аналіз способів очищення транспортерно-мийної води

Оборотна система гідротранспорту та миття буряків – одна з основних систем водопостачання цукрового заводу. Транспортерно-мийна вода складає більше 60% від загального об'єму води, що використовується цукровим заводом. Останнім часом спостерігається зниження якості води оборотної системи гідротранспорту та миття буряків. Через недостатнє очищення води на тракт подачі буряку додатково вводиться значна кількість механічних та хімічних домішок, а також мікроорганізмів, що викликає труднощі при транспортуванні буряків у завод та їх переробленні і, в результаті, призводить до зниження продуктивності виробництва [33].

Забруднюючі речовини транспортерно-мийних вод являють собою механічні домішки, які надходять у воду разом з коренеплодами буряків та знаходяться в ній у завислому стані.

Крім механічних домішок, транспортерно-мийна вода забруднена хімічними речовинами органічного та мінерального походження, які за ступенем диспергованості поділяють на грубодисперсні, високодисперсні, колоїдні та розчинні. При цьому більшу частину розчинних органічних речовин становить цукроза, вміст якої при багаторазовому збільшується в 5...7 разів [33].

До хімічних забруднюючих речовин транспортерно-мийної води відноситься сапонін. Ця речовина є одним з основних піноутворювачів в бурякоцукровому виробництві, а піна в значній мірі перешкоджає ефективній роботі очисних споруд, бурякопідіймальної станції, обладнання для очищення буряків від легких та важких домішок та призводить до зниження продуктивності роботи заводу. Сапонін характеризується високою токсичністю для риб, надає воді неприємного смаку і запаху, порушує кисневий обмін водоймищ.

Багаторазова рециркуляція води оборотної системи транспортування та миття буряків призводить до накопичення в ній механічних та хімічних забруднень, серед яких багато органічних речовин. Ці забруднення є поживним середовищем для розвитку у воді мікроорганізмів. Мікрофлора води оборотної системи транспортування та миття буряків, залежить від тривалості її рециркуляції, методів очищення, знезараження та інших факторів. В 1 мл транспортерно-мийної води може нараховуватись до кількох мільярдів спор бактерій, міцеліальних грибів та дріжджів. Мікроорганізми з транспортерно-мийної води залишаються на поверхні здорових і механічно ушкоджених коренеплодів. Таким чином, вони потрапляють на верстат заводу і підвищують, в результаті своєї життєдіяльності, втрати цукрози від розкладання. Тому транспортерно-мийна вода потребує додаткового очищення і дезинфекції [33].

Буряководна суміш в співвідношенні від 1:8 до 1:10 (в залежності від її забрудненості) за допомогою буряконасосу надходить в лоток надземного гідротранспортеру, приймальник якого змонтований у вигляді розширеного лотка, прикритого трубчатою решіткою та обладнаний чересним переливом залишку буряководної суміші для аварійного викиду її трубопроводом в гідротранспортер перед шибером буряконасосної. До надземного гідротранспортера підведена комунікація освітленої транспортерно-мийної води (ОТМВ). Потім буряководяна суміш проходить через станцію доочищення

буряку, де уловлюються на каменеуловлювачах важкі та солдомоуловлювачах легкі домішки.

Буряководна суміш надходить на водовідділювач перед мийкою, де відділяється мийна вода, а буряк надходить в барабанні мийки. Після мийки буряк поступає на водовідділювач, а далі у ополіскувач з якого шнеками подається на стрічковий транспортер митого буряку, а невідділені легкі домішки ситчатим барабанним транспортером видаляються з ополіскувача на стрічковий транспортер і далі на стрічковий транспортер жомовидалення. Чересний перелив з ополіскувача виведений на хвостиковловлювач. ТМВ, відділена від буряку на водовідділювачі, разом з бурячними хвостиками, битим буряком і дрібними домішками, надходить в хвостиковловлювачі. Звідси ТМВ надходить на відстійники. Для прибирання приміщення мийки (1-й поверх) і повернення в виробництво сировини, в мийному відділенні установлені водобої, і через підземну комунікацію повертається в гідротранспортер перед буряконасосом.

Салавор О.М., Гусятинський М.В., Клименко Л.С., Гусятинська Н.А., Штангеева Н.І., Ліпец А.А., Сорокін А.І. розробили спосіб очищення транспортерно-мийної води [21], який передбачає введення в неї коагулянту і наступне освітлення води відстоюванням, який відрізняється тим, що як коагулянт використовується дигідроксосульфат алюмінію у кількості 0,01 0,1 % до маси води. Використання в якості коагулянту основної солі алюмінію дигідроксосульфату алюмінію (в подальшому ДГСА) має переваги перед сульфатом алюмінію ДГСА. Він краще розчиняється у воді, працює в більшому проміжку значень рН води, потребує меншого лужного резерву і має значно кращу пластівцеутворювальну здатність, особливо за низьких температур. Кращі коагуляційні властивості ДГСА зумовлені його здатністю до утворення при гідролізі полімерних пдроксокомплексів, які несуть високий позитивний заряд Утворюються різні полімерні форми, наприклад $[Al_6(OH)_{15}]^{3+}$, $[Al_8(OH)_2]^4$, $[Al_{13}(OH)_{34}]^{5+}$ і т.д. Полімеризація при гідролізі ДГСА здійснюється

шляхом утворення дюлових містків між атомами металу. При цьому зміщення електронної густини від юну гідроксилу однієї молекули до атому металу другої призводить до утворення в полімерних сполуках зв'язку ковалентного типу. Полімерні пдроксокомплекси мають вищий позитивний заряд і тому кращу адсорбційну здатність [21].

Завдяки утворенню в ТМВ продуктів гідролізу коагулянтів ДГСА, які мають сильно розвинену поверхню і позитивний заряд, відбуваються процеси гетерокоагуляції найбільш високодисперсних частинок глинистих мінералів і адсорбція на поверхні гідроксиду алюмінію розчинних органічних речовин.

Витрати ДГСА становлять 0,01 - 0,1% до маси води залежно від її якості. Так ТМВ на початку виробничого сезону вміщує невелику кількість органічних речовин, наприклад, білків (низька кількість ушкоджених і уражених буряків) При цьому забруднення ТМВ складаються в основному з глинистих мінералів. Дисперсія глинистих мінералів стабілізована за рахунок електростатичного відштовхування і пдрофілізації поверхні. Порушити стабільність цієї системи можна збільшенням іонної сили розчину. Це досягається при невеликих витратах ДГСА - 0,01% до маси води. При значному забрудненні ТМВ в ній збільшується вміст органічних домішок, переважно білків (ХПК сягає 1600 - 1800мг О2/л). В цьому випадку дисперсна система набуває додаткового фактору стійкості - стеричного, тобто виникає структурно-механічний бар'єр на шляху з'єднання частинок глинистих мінералів Дрібні частинки глинистих мінералів покриваються достатньо товстою адсорбційною оболонкою макромолекул білків. Білкові речовини в слабо-кислому середовищі несуть від'ємний заряд (так як ізоелектрична точка білків знаходиться в зоні рН 4,7 - 5,0). Саме такі електроповерхневі властивості дисперсій глинистих матеріалів, покритих адсорбційною оболонкою білків, зумовлюють для дестабілізації системи додавати в ТМВ більшу кількість ДГСА - 0,1% до маси буряків. Позитивно заряджені продукти гідролізу ДГСА забезпечать ефективну гетерокоагуляцію від'ємно заряджених забруднень [21].

Ладановський М.І., Ганенко В.М., Пристром Є.О. розробили корисну модель відстійника транспортерно-мийної води [19], що складається з циліндричної верхньої й конічної нижньої частин, який відрізняється тим, що у циліндричній частині розташовані гідроциклон, розтрубна лійка, центральна труба з вікнами, короб піновідведення, лоток освітленої води, крім того відстійник транспортерно-мийної води додатково має домішковловлювач, пінозгрібний пристрій, систему промивання на випадок замулювання, систему регулювання вологості і кількості видалення осаду.

Відстійник для розділення полідисперсних суспензій працює таким чином: вихідна суспензія подається під тиском по тангенційному вхідному патрубку в верхню частину камери відцентрового розділення, проходить вниз і після відділення частинок більших розмірів, попадає в камеру гравітаційного відділення, де відбувається її кінцеве освітлення. Звільнена від завислих частинок рідина збирається за допомогою лотків, розташованих в верхній частині камери гравітаційного розділення і видаляється з відстійника. Згущена суспензія з конічного днища видаляється через вихідний патрубок. Конструктивно відстійник являє собою відкритий резервуар, що складається з циліндричної верхньої й конічної нижньої частин. У верхній частині відстійник перекритий площадкою для відведення піни на якій розташований домішковловлювач та привід пінозгрібного пристрою. Домішковловлювач розміщений на зварній рамі вище площадки піновідведення, тому конструкцією передбачені сходи для зручності його обслуговування. Домішковловлювач призначений для відділення домішок транспортерно-мийних вод і складається з корпусу, опори, приводу, сита з 7 секторів, привідного вала й огорожі. Опора являє собою зварну конструкцію, на якій кріпиться привід домішковловлювача. Сито - круговий сектор, що складається з колосникових решіток. Сита монтуються в корпусі домішковловлювача. Корпус має циліндричну форму, у ньому змонтований лоток для видалення вловлених домішок і патрубків для відведення транспортерно-мийної води в корпус відстійника.

Всередині циліндричної верхньої частини розташований гідроциклон, до якого тангенціально підводиться трубопровід транспортерно-мийної води від домішковловлювача. Гідроциклон складається з циклона та циркуляційної труби. Процес освітлення води в гідроциклоні здійснюється під дією сили, яка дорівнює різниці відцентрової сили для твердої й рідкої фаз, що виникає внаслідок інтенсивного обертання маси води в результаті тангенціального впуску її в гідроциклон. Транспортерно-мийна вода після домішковловлювача надходить у верхню частину гідроциклона тангенціально, і обертаючись, рухається в ньому до зливного патрубку, розташованого коаксиально корпусу циклона в його центрі. Завислі частинки відкидаються до стінки циклона й по ній опускається вниз у конусоподібну частину відстійника, звідки вони безперервно відводиться в стік через сифонний трубопровід і насадку. Освітлена вода зі зливного патрубка потрапляє в циркуляційну трубу, де потік заспокоюється й піна, що утворилася, через вирізи потрапляє в простір, обмежений циркуляційною трубою й кільцем відбиття піни. Піна й плаваючі на поверхні дзеркала води в ринві домішки утримуються від потрапляння в патрубків відведення освітленої води периферійним кільцевим пінозатримуючим щитом (кільцем). При обертанні центрального вала з пінозгрібним пристроєм піна й плаваючі домішки згрібаються з поверхні води до пристрою для відведення піни, борти якого знаходяться над рівнем води. Видалення піни й плаваючих домішок із пристрою відбувається безперервно.

Відстійник транспортерно-мийної води працює наступним чином. Транспортерно-мийна вода трубопроводом подається до домішковловлювача. Вода проходить через сепараційну решітку колосникового типу і через трубу надходить у циклон відстійника. Домішки (корінці, бадилля, тощо) пересуваються за допомогою шкребків до секторного прорізу в сепараційній решітці і лотком відводяться з відстійника. Обертання шкребків здійснюється приводом.

Очищена від домішок вода із домішковловлювача подається у циклон, де розділяється на два потоки. Один потік (із грубими частками) спрямовується до

низу, а другий через розтрубну лійку переливається в центральну трубу. Потоки, що вийшли з нижнього отвору розтруба і центральної труби, піднімаються вгору (зі швидкістю, що забезпечує необхідне освітлення) до лотка освітленої води, і освітлена вода відводиться для використання у виробництві через трубу. Осад, що випав у нижню конічну частину корпусу безперервно відводиться сифоном у збірник вод III-ї категорії. Кількість води, що відводиться з осадом, регулюється змінною конічною насадкою в залежності від необхідної кількості свіжої води, що має надходити на виробництво. Піна й дрібні легкі домішки через вікно виходять із центральної труби у простір, що обмежений центральною трубою й щитом відбиття піни, звідки шкребками, які приводяться в рух приводом, виносяться без води в короб піновідведення, через який піна та легкі домішки видаляються в збірник вод III-ї категорії. У нижній частині конуса відстійника розташований вузол відведення бруду, розпушення осаду й остаточного спорожнювання. До вузла входять перехідники два вентиля Нагачевського, три засувки і клапан. До вентиля підведена магістраль чистої води (технічна, барометрична), за допомогою якої (у випадку замулювання в нижній частині конуса або промивання сифона), прикриваючи ті або інші запірні пристрої, можливо подати воду в нижню частину відстійника або сифон. Площадки і для обслуговування відстійника й домішко вловлювача обладнані сходами. Для забезпечення жорсткості конструкції змонтовані ребра жорсткості. Відстійник має опорний пояс для встановлення на заздалегідь підготовлений фундамент. Також конструкцією передбачений люк для обслуговування та ремонту .

Висновки до розділу 1

Проаналізувавши представлену інформацію щодо процесу очищення технологічних вод бурякоцукрового виробництва, від результативності якого залежить якість цукру, та шляхів його інтенсифікації можна зробити наступні висновки:

1. Використання жомопресової води дозволяє знизити витрати тепла на підігрівання живильної води і повернути в дифузійний сік сахарозу, що відділяється з водою при пресуванні жому. Типова схема очищення жомопресової води забезпечує ефект очищення від нецукрів не більше ніж на 30 %. Коли чистота жомопресової води складає 30...40 %, то така схема не дозволяє досягти необхідного результату очищення, а значить і підвищити вихід цукру. Для цього воду необхідно очищати до чистоти, більшої ніж 70 %, що може досягатися за використання дефекосатураційного очищення жомопресової.

2. Використання природного мінералу цеоліта □ кліноптилоліта для виділення аміака із конденсатів сокових парів дає можливість використати їх в якості чистого екстрагенту при екстрагуванні сахарози із бурякової стружки, що призведе до збільшення виходу цукру та зменшення витрат його в мелясі.

3. Застосування флокулянту для очищення транспортерно-мийної води збільшить густину суспензії, що дасть змогу зменшити кількість чистої води, яка викачується разом із суспензією, також краще освітлиться вода для промивання буряку.

РОЗДІЛ 2

ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Експериментальні дослідження виконано у виробничій лабораторії ТОВ «Новооржицький цукровий завод».

2.1. Об'єкти та предмет дослідження

Об'єктом дослідження в даній роботі виступає технологія очищення технологічних вод бурякоцукрового виробництва.

Предметом досліджень є використання додаткового хімічного реагенту – флокулянту на основі поліакриламідів для очищення транспортерно-мийної води, дезінфектанту «НІМЕХ DDC», дефекосатураційного осаду для очищення жомопресованої води, цеоліту для деамонізації конденсату вторинних парів.

«НІМЕХ DDC» це сучасний біоцидний препарат, який використовується для зменшення мікробного забруднення при виробництві цукру на основі диметилдитіокарбамату натрію.

Засіб «НІМЕХ DDC» – стабільний; нелеткий; не утворює піни; характеризується пролонгованістю антимікробної дії; ефективний як в лужному, так і в кислому середовищі; сумісний з будь-якими деззасобами і піногасниками, рекомендованими для обробки первинного соку.

За зовнішнім виглядом засіб «НІМЕХ DDC» – рідина жовтувато-зеленуватого кольору. Активна діюча речовина засобу – диметилдитіокарбамат натрію, концентрація – 40%. Хімічна назва: Натрій N,N- диметилдитіокарбамат. Хімічна формула: $C_3H_6NS_2 \cdot Na$; $C_3H_6NNaS_2$. Густина (при 20 °C) г/см³: $1,18 \pm 0,05$. Значення рН 10% р-ну (20 °C): 10,0 – 13,0. Точка застигання, °C: <0. Засіб добре розчиняється у воді, практично не розчиняється в бензолі, бензині, хлороформі. Водні розчини прозорі, мають слабкий сірчаний запах, не пошкоджують поверхні із деревини, скла, полімерних матеріалів, корозійностійких металів, скла, гуми і пластмас.

Засіб «НІМЕХ DDC» за параметрами гострої токсичності згідно з ГОСТ 12.1.007 належить до III класу помірно небезпечних речовин. Клас безпеки препарату:

- у разі інгаляційного впливу - 3 (речовини помірно небезпечні);
- у разі потрапляння в шлунок - 3 (речовини помірно небезпечні);
- у разі нанесення на шкіру - 3 (речовини помірно небезпечні).

Засіб не представляє небезпеки гострого смертельного інгаляційного отруєння. Може подразнювати шкіру та слизові оболонки очей.

Для досліджень транспортерно-мийної води використовували аніонний флокулянт на основі поліакриламід (ПАА) марок «Магнафлок LT27».

Флокулянт синтетичний полімерний "Magnafloc LT27" виробництва хімічної компанії BASF, Німеччина, Людвігсхафен – синтетичний сополімер на основі високомолекулярного аніоноактивного поліакриламід. «Магнафлок LT27» являє собою гранули білого кольору, без запаху, насипною густиною 0,75 г/см³. Вільний акриламід менше 0,025%. Препарат розчиняється у воді, утворюючи однорідний в'язкий розчин. рН 1% розчину – 7,0 при 25 °С. Рекомендовані концентрації маточного розчину: 0,25-0,5% макс. Рекомендовані концентрації робочого розчину: 0,025-0,05%.

Для досліджень конденсату вторинних парів використовували цеоліт Сокирнянського родовища з великим вмістом кліноптилоліту. Матеріал є ефективним завантаженням для одношарових та багатшарових фільтрів.

Підвищена пористість (26-40%) додає матеріалу високих гідродинамічних характеристик. Грязеємність фільтра дозволяє, порівняно з піщаним завантаженням, збільшити фільтроцикл у 6-12 разів, - підтверджено випробуваннями. Це дає можливість суттєво економити на промивних водах в електроенергії у процесі промивки. При цьому винесення завантаження промивними водами становить три роки не більше 10% від обсягу.

Крім цього, цеоліт, будучи природним іонообмінним, дозволяє поєднати процеси сорбції та фільтрації. Наприклад, ємність за іоном амонію NH_4^+ становить, в середньому, 700 мг.екв./кг, активно ведеться сорбція катіонів

металів Cs⁺ - Rb⁺ - K⁺ - Ba²⁺ - Sr⁺ - Na⁺ - Ca²⁺ - Fe³⁺ - Al³⁺ - Mg²⁺ - Li⁺. Вибірково сорбуватиме радіонукліди Sr⁹⁰, Cs¹³⁷, Co⁶⁰, Ca⁴⁵, Cr⁵¹ у розчинах з високим вмістом інших катіонів. Працюючи дозволяє знизити забрудненість іонообмінних смол, збільшуючи їх термін служби.

2.2. Методи досліджень

Експериментальні результати роботи отримано за допомогою традиційних та сучасних фізико-хімічних, технологічних та статичних методів, а також типових методик визначення показників якості технологічних вод цукрового виробництва.

Метод визначення вмісту сухих речовин. Вміст сухих речовин (СР, % до маси продукту) визначали за допомогою рефрактометра АВВЕМАТМСР 300. Технологічні води охолоджуємо до 20°C. Після чого на рефрактометрі визначаємо його вміст СР.

Метод визначення кольоровості. На підготовленому до роботи спектрофотометрі встановлюють довжину хвилі $\lambda=420\pm 0,5$ нм. Перед вимірюванням кювету ополіскують дистильованою водою, потім фільтрованим розчином, що досліджується, після чого заливають розчин у кювету і фотометром вимірюють його оптичну густину. Виміри проводять три рази.

Кольоровість в одиницях ICUMSA обчислюють за формулою:

$$K = \frac{10^5 * D_{420}}{СР * d * b} \quad (2.1)$$

де D_{420} – величина оптичної густини розчину за довжини хвилі 420 нм (середнє арифметичне з трьох вимірів);

СР – масова частка сухих речовин у розчині, %;

d – густина розчину, г/см³;

b – довжина кювети, см.

Метод визначення вмісту цукру. Для визначення вмісту цукру жомопресованої води 52 г води переводять без витрат в колбу ємністю 100 мл, додають 2-3 мл свинцевого оцту, доливають до мітки дистильованою водою,

перемішують, фільтрують. Фільтрат заливають у кювету 400 мм і передають в поляриметричну кімнату змінному технологу. Вміст цукру дорівнює показнику цукрометра, поділеному на 4. При визначенні вмісту цукру на автоматичному поляриметрі : отриманий фільтрат заливають у кювету поляриметра і записують дані з табло приладу або з комп'ютера збору даних до електронного журналу.

Чистота розраховується автоматично або за формулою:

$$Ч = Цк / СР * 100 , \% \quad (2.2)$$

Ефект очищення жомопресової води розраховували за формулою:

$$Ef_{оч} = \left(1 - \frac{(100 - Ч_2) \cdot Ч_1}{(100 - Ч_1) \cdot Ч_2}\right) \cdot 100 , \quad (2.3)$$

де $Ч_1, Ч_2$ – чистота соку відповідно до та після очищення, %.

Температуру визначали за допомогою ртутних скляних термометрів з шкалою від 10 до 100°C.

Метод мікробіологічного обстеження проб жомопресової води. Для мікробіологічного обстеження проб ЖПВ, обробленого за різних витрат засобом «НІМЕХ DDC», здійснювали висів на щільні поживні середовища методом Коха – методом послідовних десятикратних розведень з подальшим висівом на щільні поживні середовища для отримання окремих незалежних колоній.

Пробу ЖПВ, відібрану в стерильну склянку, ретельно перемішують, не змочуючи ватну пробку, після чого розливають у стерильні колби на 100 см³ та додають відповідну кількість засобу «НІМЕХ DDC» 0 (контроль); 0,0005; 0,001; 0,002; 0,004 та 0,006%. Для висіву попередньо жомопресову воду асептично розводять у співвідношеннях 1:10, 1:10², 1:10³, 1:10⁴, 1:10⁵.

Коли всі розведення готові, починають висівання у чашки Петрі. Після затвердіння середовища чашки перевертають догори дном і вміщують у термостат. Підрахунок вирослих колоній виконують через 24–72 год. Чашки з міцеліальними грибами витримують до 7 діб. Колонії підраховують для кожної

з трьох чашок певного розведення і визначають середнє арифметичне. Кількість мікроорганізмів в 1 г (см³) продукту розраховують за формулою

$$x = \frac{an}{cV}, \quad (2.4)$$

де a – середня кількість колоній під час висівання розведення; n – розведення матеріалу; c – наважка препарату, г (см³); V – об'єм суспензії, взятої для посіву, см³.

2.3. Математична обробка та оцінка точності експериментів

Точність одержуваних результатів при визначенні усіх факторів, фіксованих в дослідях, визначається як точністю використовуваних приладів і методик досліджень, так і способами обробки та узагальнення експериментальних даних.

У більшості приладів і методик, які ми використовували для визначення величин вмісту сухих речовин, цукрози, рН₂₀, забарвленості і т. ін. похибка результатів вимірювання коливалася в межах не більше 4 %.

На повторюваність результатів вимірювань тих чи інших показників в технологічних дослідженнях значний вплив здійснює їх тривалість. В наших дослідженнях тривалість окремих дослідів визначалась з урахуванням тривалості досліджуваного процесу у виробничих умовах.

У магістерській роботі наведено середньостатистичні дані експериментів. В ході експерименту визначали вихідні дані для розроблення математичної моделі та одержання відповідних рівнянь регресії, що описують відповідні процеси очищення технологічних вод.

Для вирішення оптимізаційної задачі було використано метод планування експерименту 2 порядку: визначення оптимальних витрат осаду і вапняного молока та температури процесу очищення жомопресової води. В якості цільової функції для оптимізації використано узагальнений критерій оптимізації, який включає локальні критерії оптимальності.

Програма розрахунку включала визначення середньоквадратичних похибок одержаних рівнянь регресії.

Для вирішення задачі оптимізації процесу очищення ТМВ із застосуванням флокулянту використано двопараметричну задачу оптимізації із застосуванням узагальненого критерію оптимізації.

Висновки до розділу 2

1. Для проведення експериментальних досліджень було визначено об'єкти та предмет досліджень для очищення технологічних вод.
2. Обрано методики, що найбільш повно описують технологічний процес та показники якості вод у виробництві цукру.

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОЧИЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВОД У ВИРОБНИЦТВІ ЦУКРУ

Дослідження проводили на потужностях лабораторії Новооржицького цукрового заводу у виробничий сезон 2021 року.

Метою наших досліджень було встановлення якості живильної води на Новооржицькому цукровому заводі.

Для підготовки живильної води відповідно до діючої технологічної схеми (рис.1) використовують хімічні реагенти: сульфат алюмінію, діоксид сірки, гіпс.

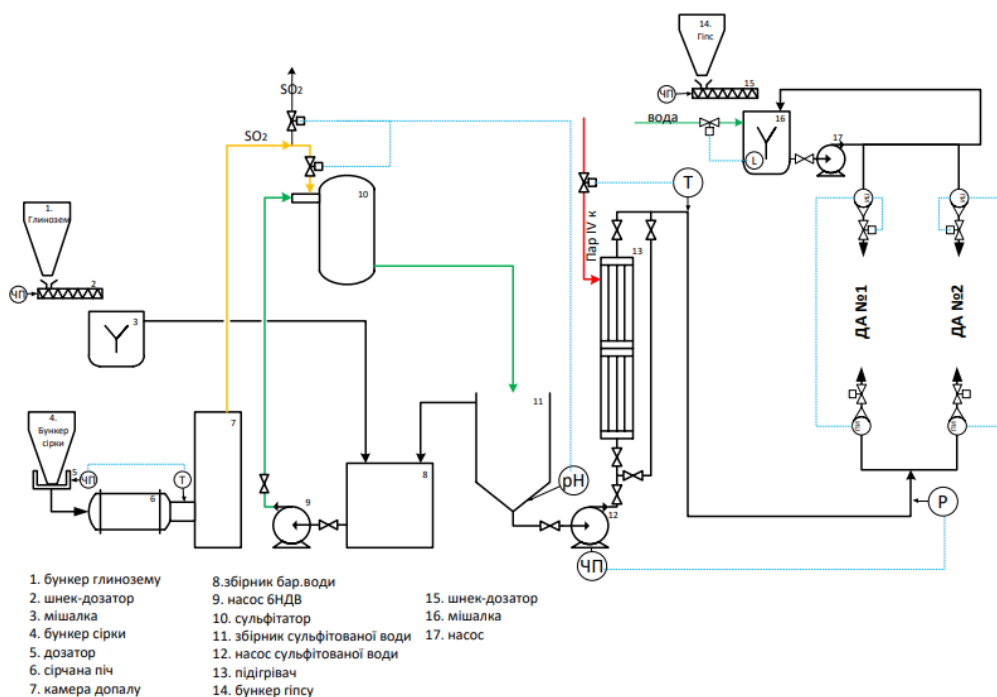


Рис. 3.1 – Схема підготовки живильної води

Сульфат алюмінію шнеком дозатором подається в мішалку, куди тангенційно підведена аміачна вода, підкислена вода самоплином направляється в збірник барометричної води, де змішується з аміачним конденсатом. Аміачний конденсат із збірника насосом подається в збірник сульфитованої води. Підготовлена живильна вода з рН 4-4,5 насосом через підігрівач подається на дифузійні установки. Гіпс шнеком-дозатором подається

в мішалку, де розчиняється з водою, утворена суспензія подається в дифузійні установки в зоні подачі жомопресової води. Процес підготовки та дозування води та гіпсової суспензії проходить в автоматичному режимі.

3.1. Дослідження якості жомопресової води для екстрагування сахарози з бурякової стружки

Метою наших досліджень було встановлення залежності якості жомопресової води від вмісту сахарози в жомі та чистоти клітинного соку буряків. Пресування жому для одержання ЖПВ здійснюється на пресах № 1,7,8 марки Stord BS-64 та № 2,3,4,5,6 марки Stord RS-80 зі ступенем віджиму 25-26%.

Для досліджень відбирали проби ЖПВ з колектора подачі на дифузійні установки. В пробіх ЖПВ визначали вміст сахарози та сухих речовин. також відбирали проби жому перед пресуванням та визначали вміст сахарози в жомі. В таблицях 3.1. та 3.2. відповідно наведено результати досліджень для двох ліній дифузійних апаратів та відповідно двох ліній пресів 1-4 і 5-8.

Таблиця 3.1 – Показники чистоти жомопресової води та вмісту сахарози в жомі для жомових пресів № 1-4

Дата	Дифузія №1 (жомовий прес № 1,2,3,4)			
	Чистота	Цк в жомі	Чистота	Цк в жомі
05.10.21	89,25	2,57	84,71	2,26
06.10.21	80,31	2,17	84,92	2,64
07.10.21	82,5	2,47	81,39	2,38
08.10.21	87,75	2,2	85,39	2,56
09.10.21	84,3	3,42	83,99	2,5
10.10.21	78,33	2,23	82,98	2,16
11.10.21	85,37	4,03	89,33	2,58
12.10.21	82,28	2,24	86,58	2,87
13.10.21	82,82	2,5	85,84	2,85
14.10.21	85,45	2,79	87,05	2,45
15.10.21	85,0	2,59	90,6	2,29
16.10.21	82,7	2,1	83,25	2,19
17.10.21	87,07	2,33	88,12	2,54
18.10.21	89,28	2,38	86,92	2,25
19.10.21	91,28	2,58	82,8	2,75
20.10.21	83,97	2,45	90,09	2,39
21.10.21	82,47	2,48	87,32	2,46

Продовж. табл.

22.10.21	86,7	2,52	84,84	2,53
23.10.21	85,66	2,6	85,85	3,26
24.10.21	82,88	2,53	85,34	2,77
25.10.21	86,49	3,01	87,21	2,46
26.10.21	85,4	2,73	86,45	2,34
27.10.21	86,82	2,75	86,58	2,84
28.10.21	86,27	3,1	84,43	2,92
29.10.21	85,86	3,27	85,17	2,74
30.10.21	87,3	2,82	84,19	1,96
31.10.21	87,45	2,05	85,33	2,47
01.11.21	85,87	2,57	90,38	2,84
02.11.21	86,84	2,11	84,81	2,84
03.11.21	92,35	2,58	85,48	2,3
04.11.21	85,67	2,51	86,83	2,94
05.11.21	85,71	2,57	85,99	2,5
06.11.21	93,26	1,92	84,98	2,06
07.11.21	87,01	2,18	92,26	1,93
08.11.21	87,75	2,24	89,61	2,13
09.11.21	88,3	1,91	85,91	1,92
10.11.21	89,7	2,22	86,54	2,27
11.11.21	88,58	2,45	85,95	1,92
12.11.21	89,41	1,92	88,01	1,81
13.11.21	87,77	1,86	85,82	1,79
14.11.21	88,34	2,07	87,86	2,0

Таблиця 3.2 – Показники чистоти жомпресової води та вмісту сахарози в жомі для жомових пресів № 5-8

Дата	Дифузія №2 (жомовий прес №5,6,7,8)			
	Чистота	Цк в жомі	Чистота	Цк в жомі
04.10.21	87,1	2,47		2,39
05.10.21	91,09	2,59	84,16	2,27
06.10.21	81,72	2,24	86,82	2,85
07.10.21	87,06	2,36	81,12	2,48
08.10.21	84,63	2,28	81,76	2,52
09.10.21	82,9	2,99	81,96	2,6
10.10.21	86,0	2,7	84,9	2,42
11.10.21	87,3	3,27	83,59	2,14
12.10.21	81,25	2,22	84,73	2,65
13.10.21	88,79	2,41	86,91	2,72
14.10.21	82,91	2,66	86,94	2,32
15.10.21	86,88	2,14	86,63	2,21
16.10.21	84,29	2,25	89,79	2,1
17.10.21	82,8	2,22	85,94	2,45
18.10.21	88,9	2,5	87,42	2,2
19.10.21	92,19	2,49	84,75	2,83

Продовж. табл.

20.10.21	83,87	2,59	85,69	2,43
21.10.21	85,96	2,65	89,39	2,63
22.10.21	91,03	2,58	83,8	2,53
23.10.21	84,69	2,73	84,14	3,1
24.10.21	86,12	2,64	86,7	2,7
25.10.21	86,45	3,18	85,65	2,7
26.10.21	84,75	2,58	87,12	2,57
27.10.21	85,66	2,97	87,57	2,84
28.10.21	86,58	2,93	86,93	2,87
29.10.21	86,72	3,1	84,82	2,67
30.10.21	85,46	2,56	88,59	2,5
31.10.21	87,1	2,28	85,48	2,24
01.11.21	85,95	2,19	83,26	2,87
02.11.21	86,29	2,64	89,28	2,74
03.11.21	91,32	3,07	85,96	2,37
04.11.21	88,55	2,37	86,42	3,04
05.11.21	86,54	2,5	90,22	2,4
06.11.21	91,42	2,57	87,32	2,36
07.11.21	87,11	2,21	86,98	2,07
08.11.21	88,21	1,96	85,7	2,02
09.11.21	90,37	1,9	88,35	2,09
10.11.21	88,36	2,23	87,35	2,25
11.11.21	85,92	2,57	88,84	1,75
12.11.21	87,9	1,68	86,75	1,75
13.11.21	86,5	1,85	88,48	1,78
14.11.21	87,83	2,41	86,24	1,93

На основі одержаних експериментальних даних побудовано графічні залежності чистоти жомотресової води від вмісту сахарози в жомі.

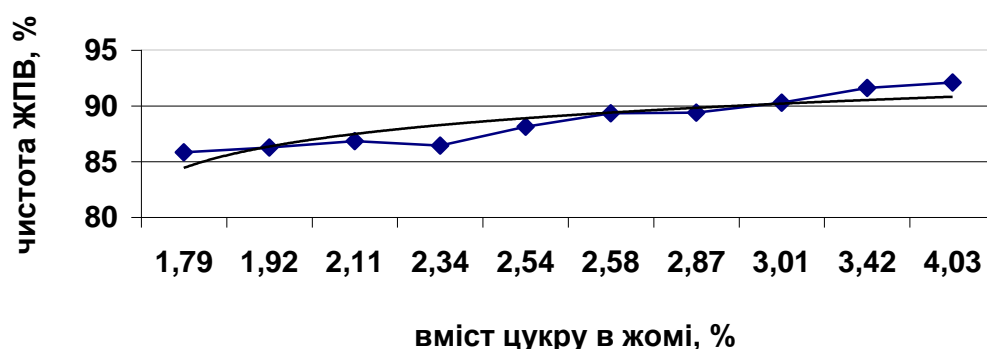


Рис. 3.2 – Залежність чистоти жомотресової води від вмісту сахарози в жомі дифузійної установки №1 (жомові преса № 1-4)

Таким чином, на основі математичної обробки експериментальних даних (рис. 3.1 та 3.2) одержано наступне рівняння регресії:

$$y = 2,7729\ln(x) + 84,434$$

$$R2 = 0,8003$$

Відповідно коефіцієнт апроксимації 0,8 свідчить про високу достовірність отриманого рівняння регресії.

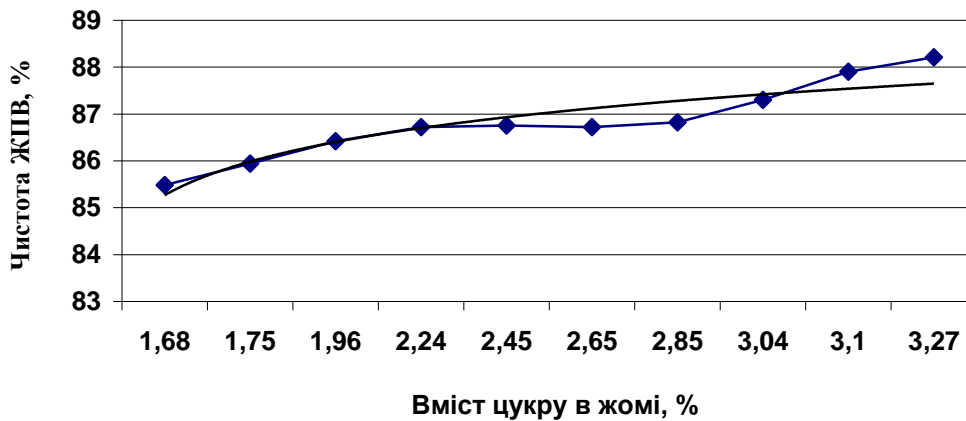


Рис. 3.3 – Залежність чистоти жомпресової води від вмісту сахарози в жомі дифузійної установки №2 (жомові преса № 5-8)

Аналогічно проведено математичне моделювання за експериментальними даними рис. 3.2 та одержано рівняння регресії:

$$y = 1,0342\ln(x) + 85,264$$

$$R2 = 0,8502$$

Коефіцієнт апроксимації одержаного 0,85 свідчить про більш високу достовірність отриманого рівняння регресії.

Необхідно відмітити, що прослідковується кореляційна залежність чистоти жомпресової води від вмісту сахарози в жомі.

Крім того, на якість жомпресової води впливає якість цукрових буряків, що переробляються. Тому нами проведено аналіз показників якості клітинного соку буряків, дифузійного соку, жомпресової води (рис. 3.3). В якості узагальненого показника для порівняння обрано чистоту.

На основі проведених досліджень встановлено, що чистота жомпресової води становила в межах 80-89 %. При цьому вміст сахарози у жомі до пресування змінювався в діапазоні 2-4 %.

Що стосується чистоти клітинного (додаток А) та дифузійного соків (додаток Б), то їх чистота протягом сезону переробки в середньому становила 88 % та 90 % відповідно.

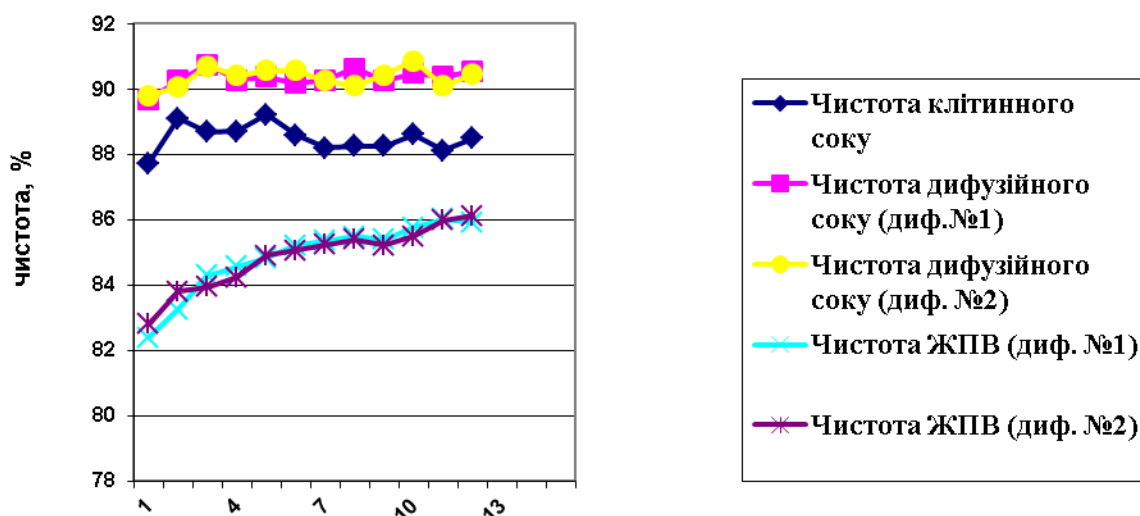


Рис. 3.4 - Порівняння чистоти клітинного та дифузійного соку, чистоти жомпресової води

Необхідно зазначити, що існуюча схема обробки живильної води із застосуванням глинозему та гіпсової суспензії не забезпечує достатнього ступеня її очищення та дезінфекції, що потребує подальших досліджень з метою пошуку ефективних способів та встановлення оптимальних режимів обробки.

3.2 . Дослідження ефективності очищення ЖПВ із застосуванням дефекосатураційного осаду

Метою наших досліджень було встановлення ефективності очищення жомпресової води шляхом застосування відходу виробництва – дефекосатураційного осаду. На думку дослідників [2] механізм очищення

жомопресової води осадом I сатурації полягає в адсорбції нецукрів, якими є барвні речовини, високомолекулярні сполуки – білки, пектинові речовини, що мають позитивний заряд, осадом, який має від'ємний заряд. Крім того, в осаді соку I сатурації міститься вільне вапно, що призводить до взаємодії іонів кальцію з барвними речовинами, органічними кислотами. При цьому відбуваються реакції нейтралізації та осадження: утворенні малорозчинні солі кальцію осаджуються та адсорбуються на поверхні карбонату кальцію. До того ж, в осаді міститься 1 % цукрози до маси осаду, а при недоліках роботи вакуум-фільтрів і значно більше. При додаванні його до жомопресової води частина цукрози переходить у розчин, що сприяє підвищенню чистоти жомопресової води.

Метою наших досліджень було визначення ефективності застосування додаткових витрат вапна для підвищення ефекту очищення жомопресової води.

Для проведення дослідження попередньо був складений трьох факторний план експерименту другого порядку, матриця якого наведена у розділі 2 (таблиця 2.1).

Відповідно до плану експерименту в якості досліджуваних параметрів (параметрів регулювання) були обрані наступні:

- X_1 - кількість осаду, % до маси води;
- X_2 – температура процесу, °C;
- X_3 – кількість осаду, % до маси осаду. В таблиці наведено значення та інтервалу варіювання для кожного з параметрів.

Відповідно кількість дефекосатураційного осаду змінювалася в межах 5,2 - 18,8, % до маси води; температура процесу – 60-80 °C; кількість CaO – 0,05-0,6%.

Таблиця 3.3 - Рівні факторів та інтервали варіювання

Рівні факторів	X ₁	X ₂	X ₃
	Кількість осаду, % до маси води	Температура процесу, °С	Кількість СаО, % до маси осаду
Верхній рівень +1	16	76	0,6
Осн. рівень 0	12	72	0,4
Нижній рівень -1	8	64	0,2
Інтервал варіюв.	4	6	0,2
Рівень +α	18,8	80	0,75
Рівень -α	5,2	60	0,05

Методика полягала в наступному. У виробничих умовах відбирали проби жомопресової води у кількості 15 штук у стакани об'ємом 250 мл. Попередньо відбирали дефекосатураційний осад з вакуум-фільтрів. До осаду додавали певну кількість вапняного молока.

Відповідно до плану експерименту (табл. 3.2) до проб жомопресової води додавали визначену кількість осаду та вапняного молока. Розрахунок витрат вапняного молока здійснювали за формулою:

$$\text{Вв. м.} = \frac{x}{0,25} \quad (3.1)$$

де x – кількість СаО, % до маси осаду

Процес очищення жомопресової води проводили за визначеної температури. В якості контрольного, нульового зразка, використовували жомопресову воду без очищення.

В досліджуваних пробах жомопресової води визначали такі показники:

- чистота жомопресової води;
- кольоровість жомопресової води;

- рН жомопресової води;

Ефект очищення жомопресової води розраховували за формулою:

$$Eф. оч. = \left(1 - \frac{ЧЖПВ \cdot (100 - ЧЖПВ оч.)}{ЧЖПВ оч. \cdot (100 - ЧЖПВ)}\right) \cdot 100 \quad (3.2)$$

де ЧЖПВ – чистота жомопресової води до очищення;

ЧЖПВ оч. – чистота жомопресової води очищеної.

Спосіб очищення жомопресової води проводили таким чином. Жомопресову воду у кількості 100 мл наливали у лабораторні стакани об'ємом 250 мл. Доводили до певної температури, що наведена у таблиці 3.2 рівнів факторів та інтервалів варіювання. До осаду додавали вапняне молоко і перемішували 2-3 хв., після цього додавали в пробу жомопресової води. Далі готовий розчин фільтрували через паперовий фільтр і визначали СР, рН, чистоту, кольоровість жомопресової води.

За результатами проведених експериментів отримано значення вихідних параметрів процесу: чистоти жомопресової води, кольоровості, рН (табл.3.3) . Показники якості вихідної жомопресової води: чистота – 80,76; кольоровість – 31518,4; рН₂₀ – 5,0

Таблиця 3.4 – Показники якості очищеної жомопресової води відповідно до реалізації плану експерименту

Дослід №	X ₁ (% осаду)	X ₂ (t, °C)	X ₃ (CaO)	Y		
				Чистота ЖПВ	Кольоровість	рН ₂₀
1	8 (-1)	64 (-1)	0,2 (-1)	83,36	6320,37	11,5
2	16 (+1)	64 (-1)	0,2 (-1)	85,82	5651,85	10,7
3	8 (-1)	76 (+1)	0,2 (-1)	82,5	5367,79	12,16
4	16 (+1)	76 (+1)	0,2 (-1)	80,83	5376,34	11,93

Продовж. табл.

5	8 (-1)	64 (-1)	0,6 (+1)	80,9	5914,22	12,21
6	16 (+1)	64 (-1)	0,6 (+1)	84,61	4919,9	12,02
7	8 (-1)	76 (+1)	0,6 (+1)	82,38	5821,1	12,11
8	16 (+1)	76 (+1)	0,6 (+1)	85,6	4642,8	12,01
9	5,2 (- α)	72 (0)	0,4 (0)	82,69	5186,88	11,97
10	18,8 (+ α)	72 (0)	0,4 (0)	82,5	4489,66	12,02
11	12 (0)	60 (- α)	0,4 (0)	82,85	6436,34	12,16
12	12 (0)	80 (+ α)	0,4 (0)	81,81	5778,78	12,13
13	12 (0)	72 (0)	0,05 (- α)	79,16	5417,7	12,02
14	12 (0)	72 (0)	0,75 (+ α)	85,71	5726,45	11,97
15	12 (0)	72 (0)	0,4 (0)	84,8	5280	12,1
16	До очищення			80,76	31518,4	5,0

Таким чином, аналіз одержаних результатів показав, що за рахунок застосування дефекосатураційного осаду, обробленого вапняним молоком можна досягти підвищення чистоти жомопресової води на 3-5 од. При цьому досягається висока ступінь її освітлення. Так, забарвленість води зменшується з 31518 од. опт. густ. до 4500-6000 од. опт. густ.

За результатами математичної обробки експериментальних даних одержано наступні рівняння регресії, що описують наступні функції відгуку.

Залежність ефекту очищення жомопресової води, %:

$$f_1(x_1, x_2, x_3) := 16.456 \cdot x_2 - 0.034 \cdot x_1 + 4.206 \cdot x_3 - 0.117 \cdot x_2^2 - 2.75 \cdot x_3^2 + 0.820 \cdot x_1 \cdot x_3 - 565.685$$

Залежність кольоровості води, од. опт. густ.:

$$f_1(x_1, x_2, x_3) := 21.22 \cdot x_1 - 1133.008 \cdot x_2 + 120.962 \cdot x_3 + 8.070 \cdot x_2^2 + 158.062 \cdot x_3^2 - 59.087 \cdot x_1 \cdot x_3 + 45323.871$$

Залежність рН води:

$$f_1(x_1, x_2, x_3) := 0.136 \cdot x_1 + 0.704 \cdot x_2 + 1.622 \cdot x_3 - 0.005 \cdot x_2^2 - 0.203 \cdot x_3^2 - 0.044 \cdot x_1 \cdot x_3 - 14.509$$

де X_1 – витрати осаду, % до маси води; X_2 – температура процесу, °С;

X_3 – витрати СаО, % до маси осаду.

Програма розрахунку коефіцієнтів вище наведених рівнянь, розрахунок середньоквадратичних похибок наведено в додатках В, Г, Д. За одержаними

рівняннями регресії отримано графічні залежності, представлені на рис. 3.4-3.12.

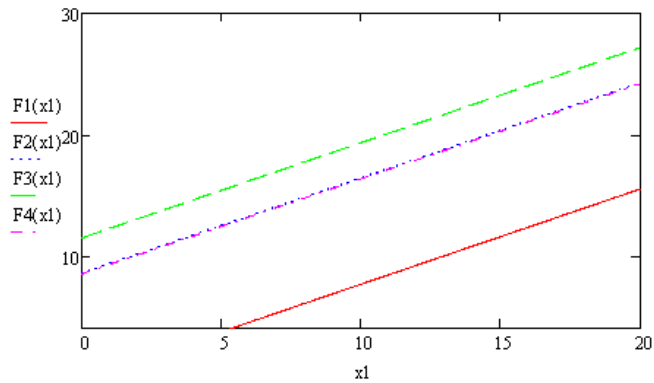


Рис. 3.5 - Залежність ефекту очищення ЖПВ від витрат осаду (% до маси ЖПВ) для температур 60-75°C: за витрат вапна 1% до маси осаду, та відповідно температури $F_1 - 60^\circ\text{C}$, $F_2 - 65^\circ\text{C}$, $F_3 - 70^\circ\text{C}$, $F_4 - 75^\circ\text{C}$.

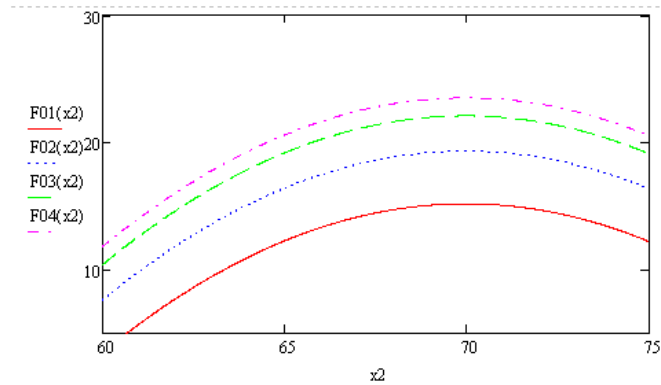


Рис 3.6 – Залежність ефекту очищення ЖПВ від кількості температури процесу: за витрат осаду 10% до маси ЖПВ, та відповідно витрат вапна, % до маси осаду: $F_1 - 0,5$, $F_2 - 1$, $F_3 - 1,5$, $F_4 - 2,5$.

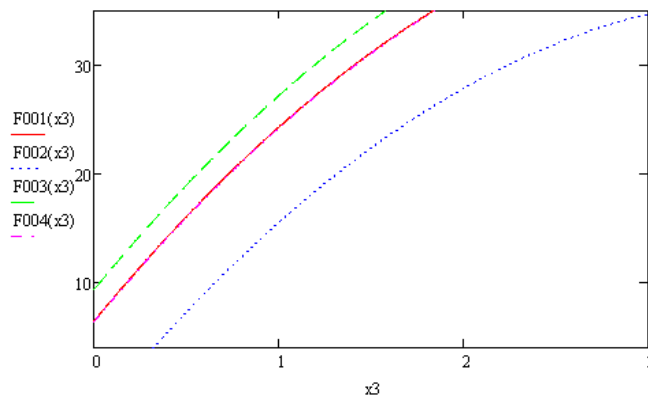


Рис. 3.7 - Залежність ефекту очищення ЖПВ від кількості CaO (% до маси осаду), за витрат осаду 20% та відповідно температур $F_1 - 60^\circ\text{C}$, $F_2 - 65^\circ\text{C}$, $F_3 - 70^\circ\text{C}$, $F_4 - 75^\circ\text{C}$.

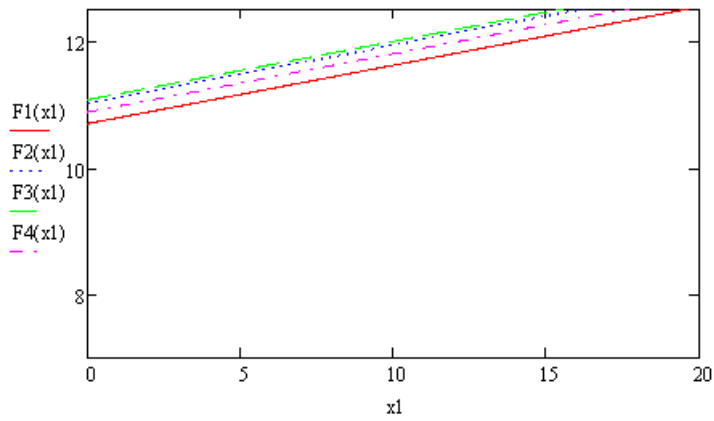


Рис. 3.8 – Залежність рН жомпресової води від кількості осаду за витрат осаду 1% та відповідно температур: F_1 – 60°C, F_2 – 65°C, F_3 – 70°C, F_4 – 75°C.

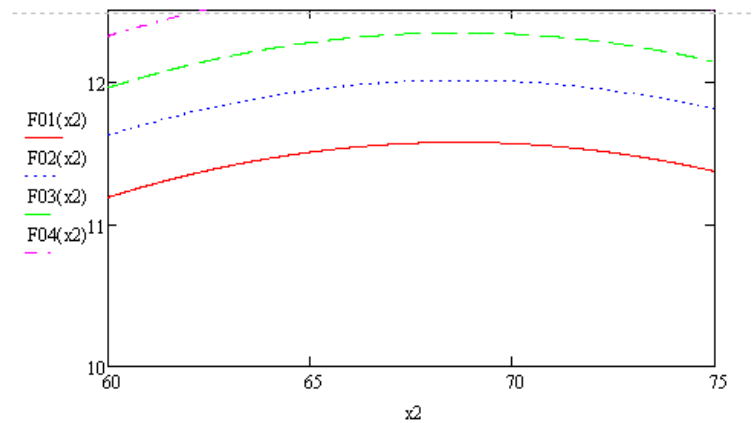


Рис. 3.9 – Залежність рН ЖПВ від температури процесу за кількості осаду 10 % та витрат CaO: F_1 – 0,5; F_2 – 1,5; F_3 – 2,1; F_4 – 2,5.

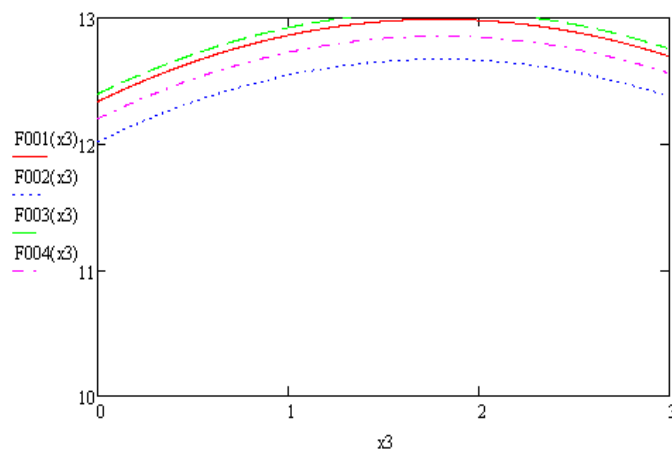


Рис. 3.10 – Залежність рН ЖПВ від кількості CaO за витрат вапна 20% до маси та відповідно температур: F_1 – 60°C, F_2 – 65°C, F_3 – 70°C, F_4 – 75°C.

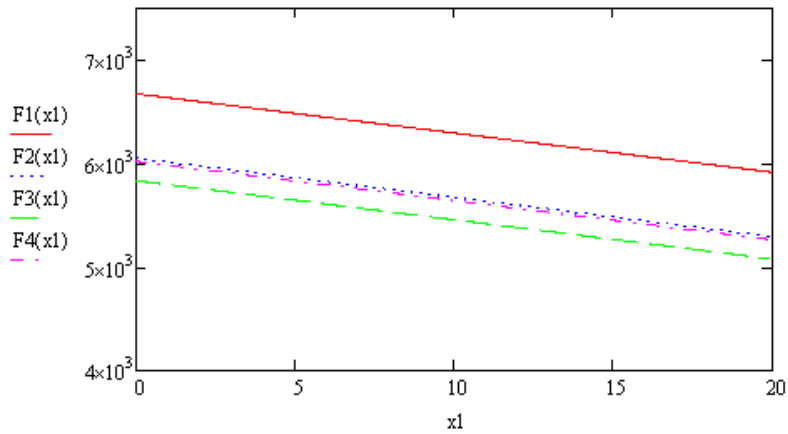


Рис. 3.11 - Залежність кольоровості ЖПВ від витрат осаду за витрат вапна 1% до маси осаду, та відповідно температури: $F_1 - 60^\circ\text{C}$, $F_2 - 65^\circ\text{C}$, $F_3 - 70^\circ\text{C}$, $F_4 - 75^\circ\text{C}$.

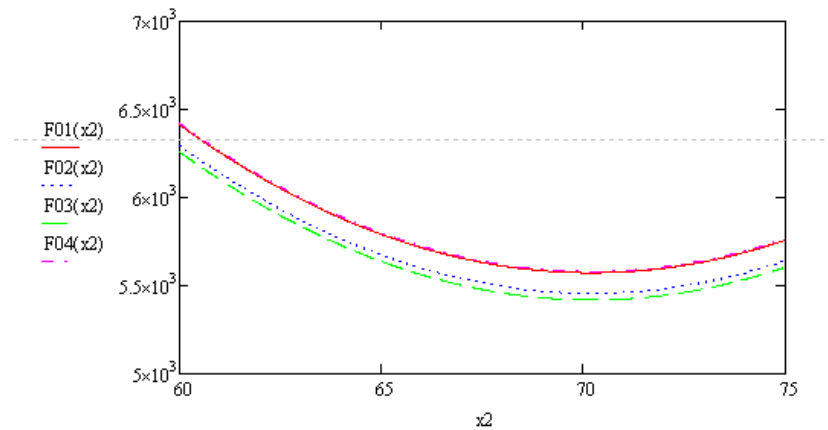


Рис 3.12 – Залежність кольоровості ЖПВ від температури за витрат осаду 10% до маси води та кількості CaO відповідно: $F_1 - 0,5$, $F_2 - 1$, $F_3 - 1,5$, $F_4 - 2,5$.

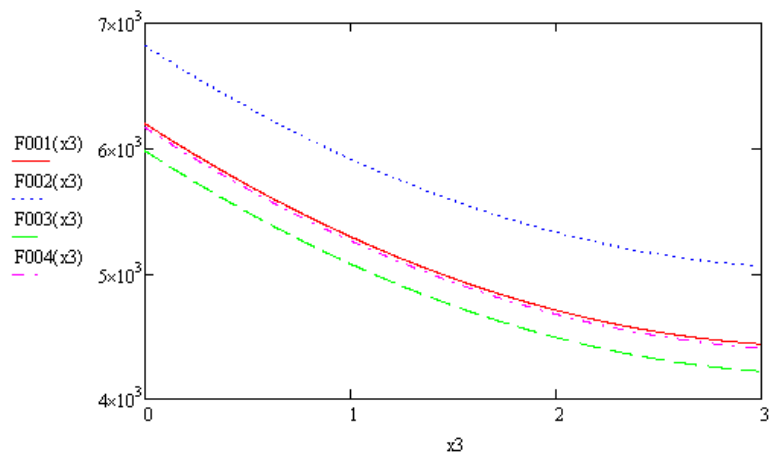


Рис. 3.13 - Залежність кольоровості ЖПВ від кількості CaO за витрат вапна 20% до маси осаду та відповідно температур: $F_1 - 60^\circ\text{C}$, $F_2 - 65^\circ\text{C}$, $F_3 - 70^\circ\text{C}$, $F_4 - 75^\circ\text{C}$.

Математична обробка представлених результатів була здійснена за допомогою пакету прикладних програм Mathcad Professional.

Найкращі результати очищення води досягалися відповідно за ряду значень витрат осаду 16 г та витрат вапняного молока 0,6 г. Для визначення оптимальних параметрів процесу очищення жомопресової води доцільно застосовувати сучасні методи оптимізації технологічних процесів.

Відносна похибка отриманих рівнянь знаходиться в межах допустимих значень (додатки В, Г, Д).

Для вирішення задачі оптимізації процесу очищення жомопресової води був обраний узагальнений критерій оптимізації виду:

$$F = \prod_{i=1}^n f_i'(x)^{\lambda_i} \rightarrow \max \quad (3.3)$$

де $f_i(x)$ - локальні критерії оптимальності в безрозмірній формі;

λ_i - вагові коефіцієнти.

Обраний критерій оптимізації дозволяє єдиним кількісним показником узагальнити обрані локальні критерії оптимальності.

Для оцінки ефективності процесу очищення жомопресової води було обрано наступні локальні критерії (в натуральній формі):

$f_1(x_1, x_2, x_3)$ - залежність ефекту очищення жомопресової води;

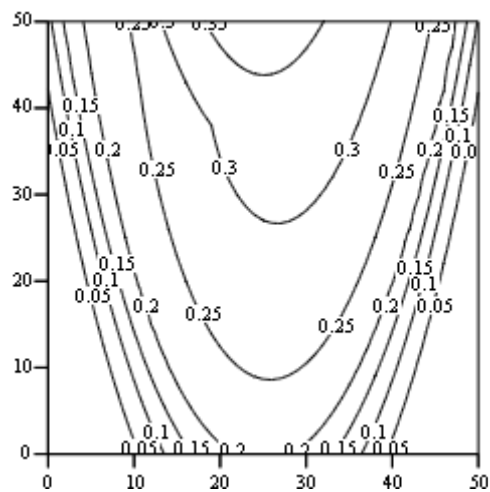
$f_2(x_1, x_2, x_3)$ - залежність ефекту очищення жомопресової води кольоровості і рН.

Отже, узагальнений критерій оптимізації для визначення параметрів температури та кількості СаО в процесі очищення ЖПВ має наступний алгебраїчний та графічний вигляд (рис. 3.14):

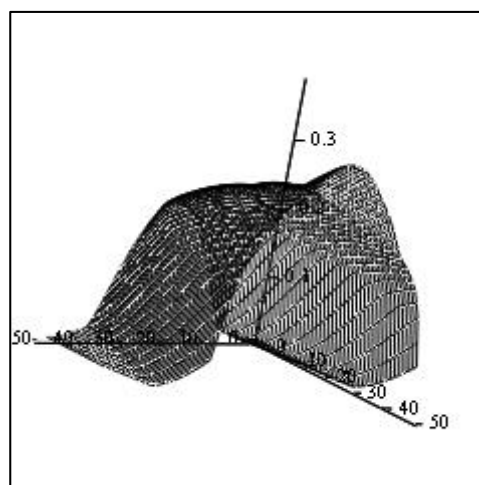
$$FF_{k,m} := (ff_{1,k,m})^{0.6} \cdot (ff_{2,k,m})^{0.3} \cdot (ff_{3,k,m})^{0.1}$$

Узагальнений критерій оптимізації

для визначення параметрів витрат осаду та $OPT2(FF, nn, a11, a22, h11, h22) = \begin{pmatrix} 0.379 \\ 69.6 \\ 0.736 \end{pmatrix}$



FF

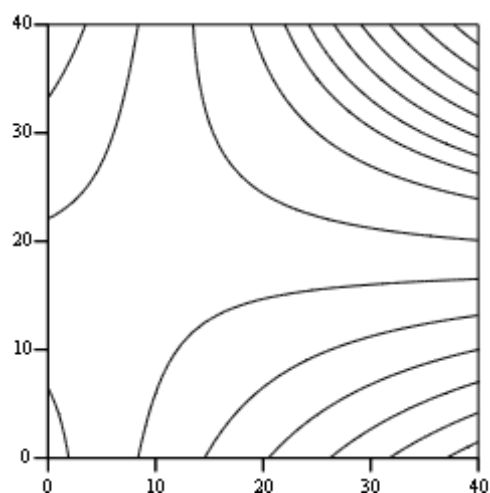


FF

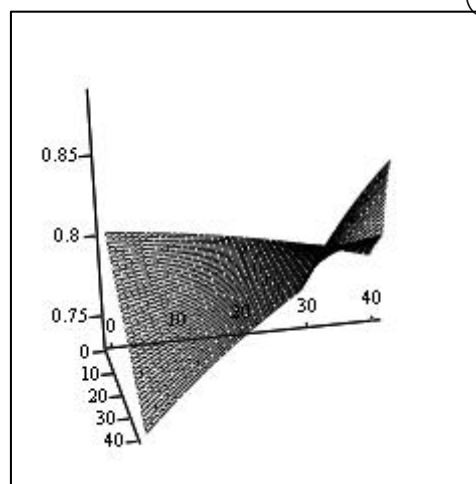
Рис. 3.14 Узагальнений критерій оптимізації від температури та витрат CaO за витрат осаду 15 %

$$Z_{a,b} := (ff1_{a,b})^{0.7} \cdot (ff2_{a,b})^{0.2} (ff3_{a,b})^{0.1}$$

$$OPT2(Z, NN, a1, a2, h1, h2) = \begin{pmatrix} 0.887 \\ 19.5 \\ 0.732 \end{pmatrix}$$



Z



Z

Рис. 3.15 Узагальнений критерій оптимізації від витрат осаду та CaO за температури 70 C

CaO в процесі очищення ЖПВ має такий алгебраїчний та графічний вигляд (рис. 3.15):

Отже, за результатами проведених досліджень та їх математичної обробки можна зробити висновок про ефективність застосування для очищення жомопресової води дефекосатураційного осаду, активованого вапняним молоком.

При цьому досягається ефективне використання відходу виробництва для очищення і знебарвлення напівпродуктів цукрового виробництва. Таким чином, використання дефекосатураційного осаду дає позитивні показники очищення жомопресової води при меншій лужності очищеної води порівняно із схемою очищення її вапном та вуглекислою. Використання для очищення жомопресової води осаду I сатурації сприяє зменшенню витрат вапнякового каменю і палива. Для впровадження способу очищення жомопресової води не потребується обладнання для дефекосатурації, що забезпечує економію матеріальних витрат. Так як після очищення жомопресова вода має лужну реакцію, то після відділення осаду потребується її оброблення з метою зменшення лужності. Для цього пропонується її сульфитація або оброблення сульфатом алюмінію.

3.3. Дослідження ефективності видалення аміаку із конденсатів вторинних сокових парів

В якості живильної води для екстрагування сахарози з бурякової стружки перспективним є застосування конденсатів вторинних сокових парів. Проте, на сьогодні більшість заводів не використовують конденсати, оскільки існуючі способи деамонізації або не забезпечують ефективне видалення, або є надто матеріало- чи енерго- затратними.

Метою наших досліджень було визначення раціональних умов видалення аміаку з конденсатів із застосуванням цеоліту-клинотилоліту. В якості змінних параметрів процесу обрано температуру та тривалість контакту цеоліт-конденсат. Температуру процесу змінювали в діапазоні 20-80 °С, а тривалість контакту відповідно в діапазоні 2-14 хв.

Дослідження проводили на ТОВ «Новооржицький цукровий завод». Методика досліджень полягала в наступному. У виробничих умовах відбирали проби аміачної води. Відповідно до визначених умов проведення процесу деамонізації у пробах конденсату вторинних сокових парів, визначали вміст аміаку. В якості контрольного, нульового зразка, використовували аміачну воду без обробки цеолітом.

Аміачну воду в кількості 100-120 мл за певного температурного режиму процесу від 20°C до 80°C обробляли у стаціонарних умовах Сокирянським цеолітом за тривалості процесу 2...14 хв. Після відстоювання відбирали 100 мл аміачної води та наливали в конічну колбу місткістю 250 мл. Далі додавали 3-5 крапель індикатору метилоранжу і титрували 0,1 н НСІ до переходу забарвлення. Паралельно проводили глухий дослід.

Вміст аміаку визначали за формулою:

$$A = x \cdot 17 \quad (3.4)$$

де x –кількість 0,1 н НСІ, щовитрачено на титрування.

Ефективність видалення визначали за формулою:

$$\text{Еф.в.} = ((C_1 - C_2) / C_1) * 100 \quad (3.5)$$

Результати досліджень наведено в таблиці 3.3

Таблиця 3.5 – Показники вмісту аміаку та ефективності видалення за різних умов температури та тривалості процесу видалення аміаку з конденсатів з використання цеоліту-клинотилоліту

Темп. аміачної води	Час відстоювання									
	2хв	Еф-ть	5хв	Еф-ть	8хв	Еф-ть	11хв	Еф-ть	14хв	Еф-ть
20 °С	185,4	0,32	182,9	1,69	178,8	4,02	173,6	7,14	169,7	9,6
30 °С	186,4	0,96	185,1	1,67	183,6	2,5	178,3	5,5	175,3	7,3
40 °С	187	0,16	185,9	0,75	181,3	3,3	178,1	5,16	173,4	8,01
60 °С	187	5,4	176,8	11,5	173,4	13,7	171,7	14,85	163,2	20,83
70 °С	173,8	11,3	168,3	14,9	162,6	19,0	159,9	21,01	154,9	24,91
80 °С	171,5	0,35	163,8	5,06	157,4	9,34	155,2	10,89	150,8	14,12

Результати проведених випробувань показують, що у разі застосування цеоліту 20-25 %.

На рис. 3.16 та 3.17 наведено залежність ефективності видалення аміаку від температури та тривалості контакту цеоліт – конденсат.

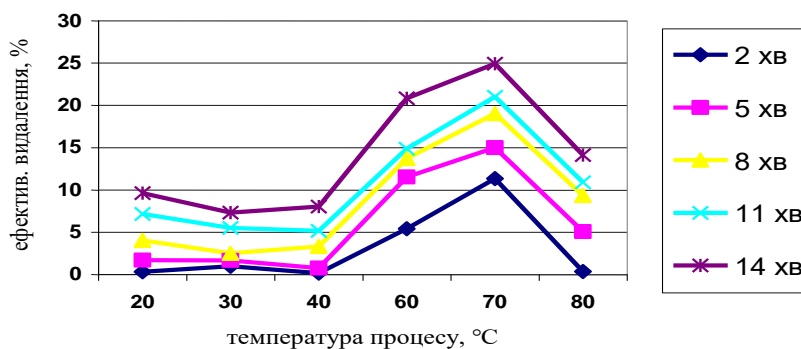


Рис. 3.16 – Залежність ефективності видалення аміаку за температур 20 - 80°C за різної тривалості

На основі аналізу експериментальних залежностей визначено, що найкращі результати одержано за температури процесу 70 °C.

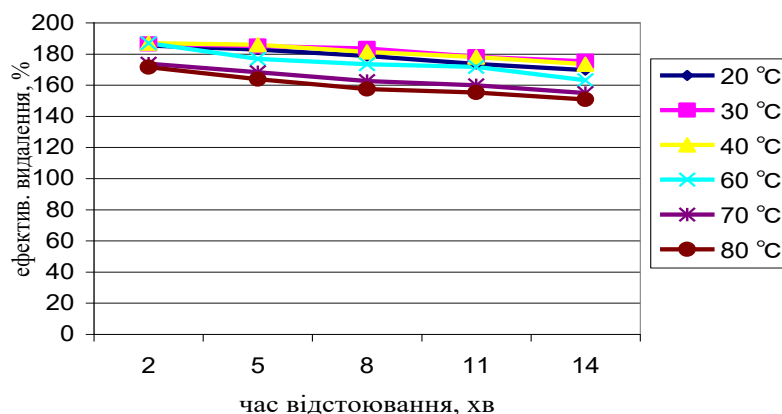


Рис. 3.17 - Залежність вмісту аміаку від тривалості 2-14 хв за різних температур.

Необхідно зазначити, що збільшення тривалості контакту понад 14 хв є недоцільним.

Підвищена пористість (26-40%) додає матеріалу високих гідродинамічних характеристик. Грязеємність фільтра дозволяє, порівняно з піщаним завантаженням, збільшити фільтроцикл у 6-12 разів, підтверджено випробуваннями. Це дає можливість суттєво економити на промивних водах в електроенергії у процесі промивки. При цьому винесення завантаження промивними водами становить три роки не більше 10% від обсягу.

При цьому низька вартість природних цеолітів визначає можливість їх використання у сорбційних процесах, що не передбачають регенерацію іоніту.

3.4. Дослідження застосування флокулянту «Магнафлок LT27» для очищення ТМВ

Транспортерно-мийна вода освітлюється на радіальних відстійниках. Освітлена вода подається на подачу буряка, а суспензія земельного осаду викачується на поля фільтрації. Застосування флокулянту збільшить густину суспензії, що дасть змогу зменшити кількість чистої води, яка викачується разом із суспензією, також краще освітлиться вода для промивання буряку.

Дослідження проводили у виробничій лабораторії Новооржицького цукрового заводу. Методика полягала в наступному. У лабораторних умовах відповідно до інструкції приготували робочий розчин флокулянту марки «Магнофлок LT 27»

У виробничих умовах відбирали проби транспортерно-мийної води у циліндри об'ємом 250 мл. Відповідно до завдання додавали визначену кількість флокулянту в межах від 0,5 г/м³ до 1,5 г/м³. Витрати флокулянту варіювали з кроком у 0,5 г/м³. В якості контрольного, нульового зразка, використовували воду з виробництва без додавання флокулянта.

Очищення транспортерно-мийної води проводили таким чином. Транспортерно-мийну воду за температур 5, 10 та 20°C наливали у циліндри місткістю 250 мл. Куди вносили відповідні дози флокулянту марки «Магнофлок LT 27». Для досліджень використовували 0,5 % розчин флокулянту.

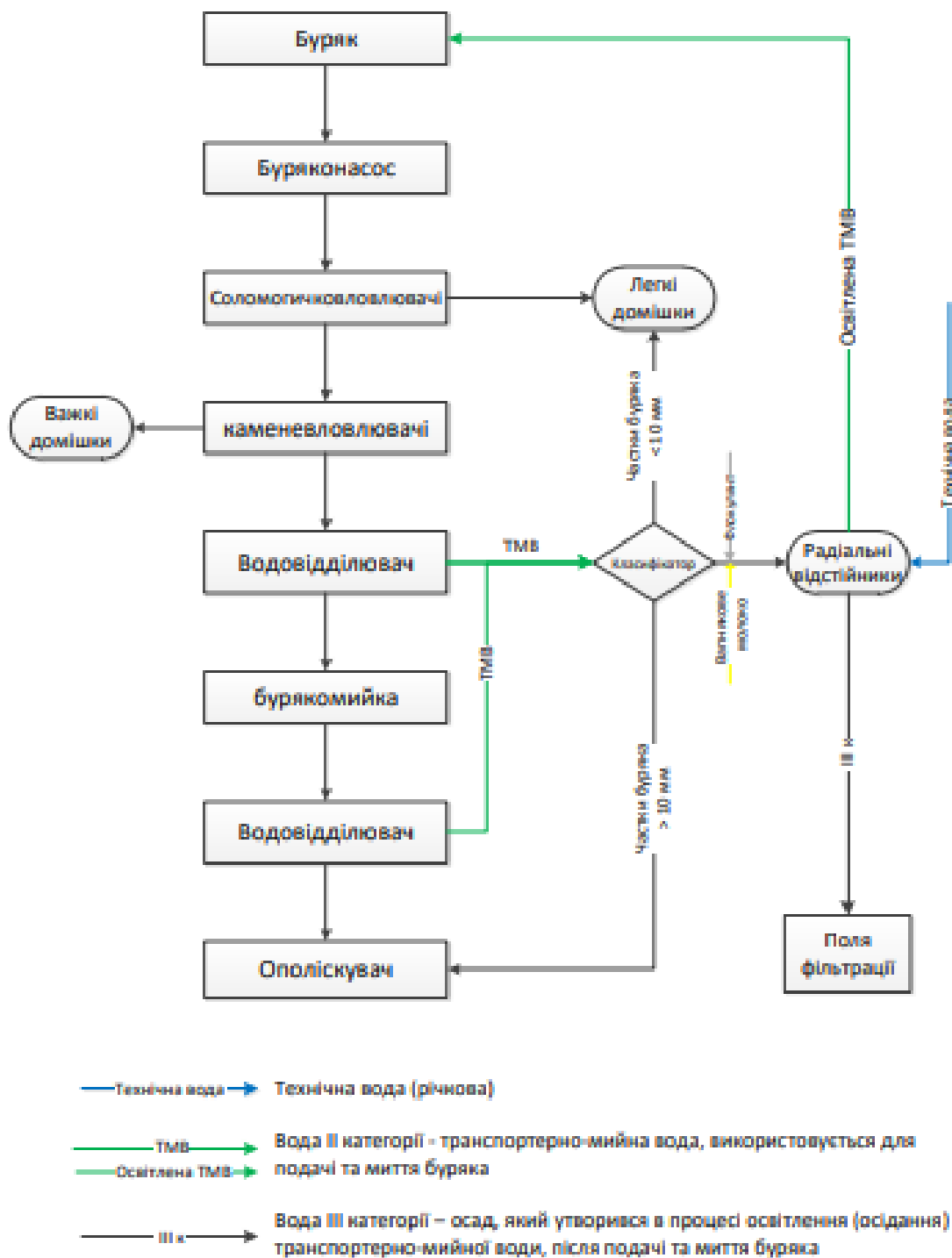


Рис. - 3.18 Блок-схема вод II – III категорії

В досліджуваних пробах транспортерно-мийної води визначали наступні показники: висота освітленого шару; висота шару осаду.

Результати дослідження наведенні в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Результати досліджень

Швидкість осідання	Кількість флокулянту (0 мл)		Кількість флокулянту (0,5 мл)		Кількість флокулянту (1 мл)		Кількість флокулянту (1,5 мл)	
	висота освітл. шару	%	висота освітл. шару	%	висота освітл. шару	%	висота освітл. Шару	%
<i>Температура води 3-7°C</i>								
2 хв	1	4,3	2,2	9,8	2,5	11,6	3,1	13,5
5 хв	1,5	6,5	9,4	42,1	7,7	35,9	9,3	40,7
10 хв	7,8	34,2	11,2	50,2	10,4	48,6	13,2	57,9
15 хв	16,4	71,9	13,7	61,4	13,5	63,1	15,7	68,8
25 хв	21,3	93,4	21,2	95,1	20,4	95,3	21,8	95,6
<i>Температура води 8-13°C</i>								
2 хв	1	4,4	1,8	7,8	2,7	12,7	3,5	15,5
5 хв	1,5	6,6	4,5	19,6	8	37,5	9,7	42,9
10 хв	10,9	47,8	9,3	40,4	10,3	48,3	12,8	56,6
15 хв	16,4	71,9	12,5	54,3	13,8	64,8	16	70,8
25 хв	21,3	93,4	21,5	93,5	20,3	95,3	21,6	95,6
<i>Температура води 15-20°C</i>								
2 хв	1	4,4	2,5	10,8	2,5	11,8	3	13
5 хв	1,5	6,6	6	26,1	9,3	43,8	8,3	36,1
10 хв	12,1	53,1	11,4	49,6	13,6	64,1	15,2	66,1
15 хв	16,4	71,9	15	65,2	17,5	82,5	22	95,6
25 хв	21,3	93,4	22	95,6	20,2	95,3	22	95,6

Для перерахунку витрат флокулянту до маси транспортерно-мийної води використовуємо формулу:

$$0,5 X/100 \quad (3.6)$$

$$0,5 * 0,5 / 100 = 0,0025\% \text{ до маси ТМВ.}$$

На рис. 3.18 – 3.20 представлено порівняння висоти освітленого шару в залежності від дозування флокулянта «Магнофлок LT 27», що додавали до транспортерно-мийної води з замірами при 2, 5, 10, 15 та 25 хвилин відстоювання у колбах.

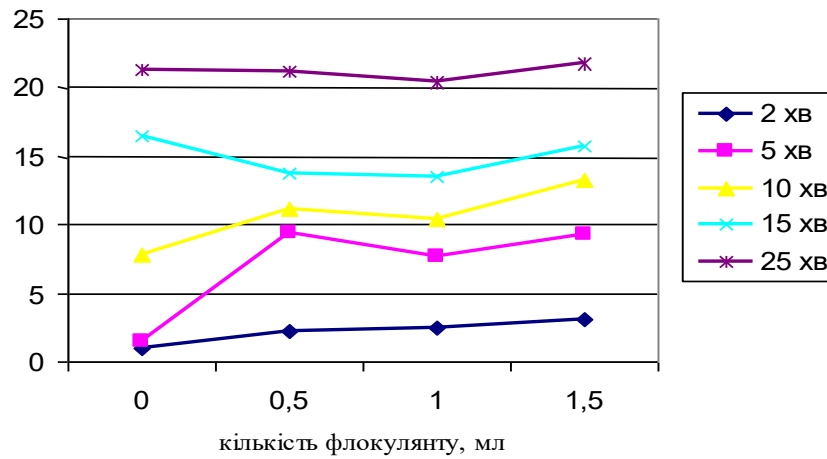


Рис. 3.19 – Вплив флокулянту «МагнофлокLT27» на висоту освітленого шару в залежності від дозування у транспортерно-мийну воду за температури 3-7°C.

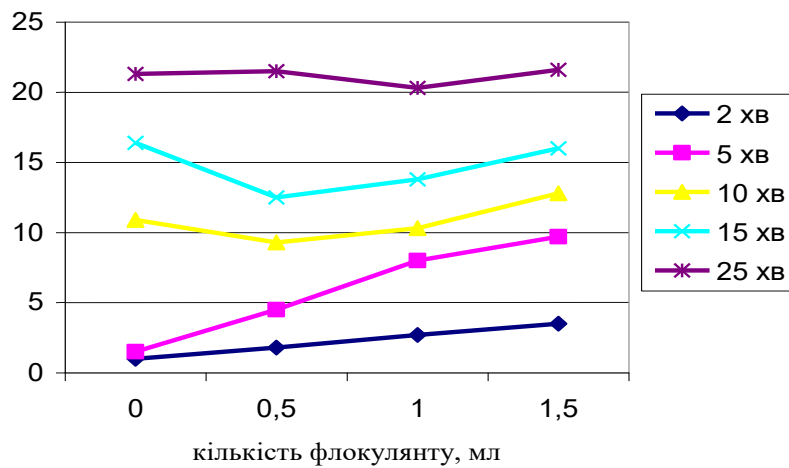


Рис. 3.20 – Вплив флокулянту «МагнофлокLT27» на висоту освітленого шару в залежності від дозування у транспортерно-мийну воду за температури 8-13°C.

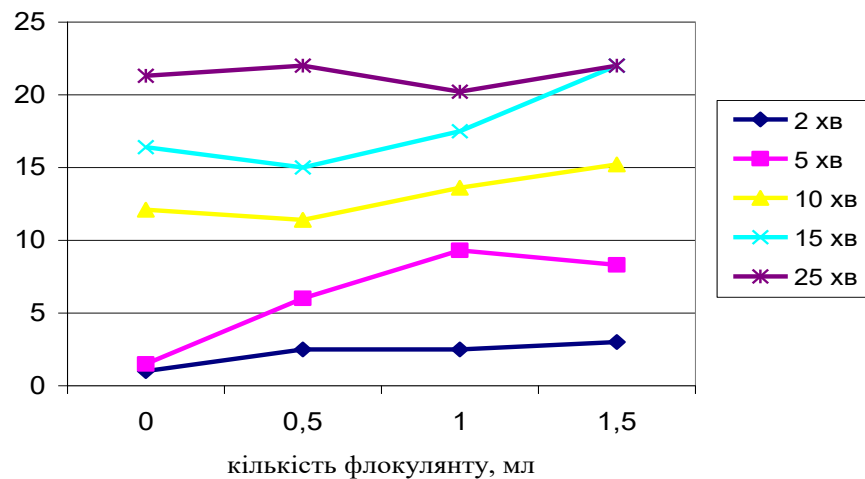


Рис. 3.21 – Вплив флокулянту «МагнофлокLT27» на висоту освітленого шару в залежності від дозування у транспортерно-мийну воду за температури 15-20°C.

Одразу після додавання флокулянта до транспортерно-мийної води ми спостерігали практично миттєве осідання осаду та прискорення освітлення порівняно з контрольним зразком без флокулянту.

Отже, використання флокулянту інтенсифікує процес очищення транспортерно-мийної води бурякоцукрового виробництва, забезпечує високий ефект очищення води за завислими речовинами.

Вода, очищена флокулянтом, відповідає вимогам до якості очищеної транспортерно-мийної води. Це дасть можливість зменшити питомі витрати свіжої води та кількість стічних вод на одиницю перероблюваних буряків, що дуже актуально у наш час, і забезпечить значне покращення екологічної ситуації бурякоцукрового виробництва в цілому.

3.5. Аналіз ефективності дезінфікуючого засобу «НІМЕХ DDC» щодо контамінуючої мікрофлори жомопресової води у виробництві цукру з буряків

Метою наших досліджень було встановлення ефективності застосування дезінфікуючого засобу «НІМЕХ DDC» для обробки жомопресової води.

Згідно методики проведення досліджень, до вихідної жомпресової води додавали досліджуваний дезінфікуючий засіб «НІМЕХ DDC» у кількості 0,0015 % до маси соку. Після чого продукти аналізували з метою визначення загального вмісту мікроорганізмів, в тому числі вмісту мезофільних бактерій, міцеліальних грибів та дріжджів. Визначення проводили за відомими методиками шляхом розведень та висіву проб на тверді поживні середовища у чашки Петрі. Після підрахунку колоній, що виростили на відповідних поживних середовищах розраховували ефект знезараження за формулою:

$$E_{zn} = \frac{(B_1 - B_2)}{B_1} \cdot 100 \quad (3.7)$$

де B_1 – початковий вміст мікроорганізмів у 1 г (см^3) продукту; B_2 – вміст мікроорганізмів у 1 г (см^3) продукту після відповідного оброблення.

Результати експериментальних досліджень мікрофлори жомпресової води наведені в таблиці 3.7, свідчать, що засіб має високу бактерицидну дію щодо контамінуючої мікрофлори.

Таблиця 3.7 - Мікробіологічні показники жомпресової води при введенні дезінфікуючого засобу «НІМЕХ DDC»

Проби	Показники	
	Контрольний продукт	Продукт із засобом «НІМЕХ DDC» при витраті 0,0015 % до маси соку
КМАФАнМ, КУО $\times 10^6/\text{см}^3$	2,4	0,62
Ефект знезараження, %	-	74,2
Вміст плісневих грибів і дріжджів, КУО $\times 10^4/\text{см}^3$	3,7	0,52
Ефект знезараження, %	-	85,9

Отримані дані, наведені в табл. 3.7, свідчать про високий ступінь дезінфікуючої дії засобу «НІМЕХ DDC» при витраті 0,0015 % до маси соку. Так

ефект знезараження ЖПВ через 15 хв після внесення засобу становить 74,2% за показником КМАФАнМ, та 85,9 % щодо вмісту плісневих грибів і дріжджів.

Результати експериментальних досліджень перебігу мікробіологічних процесів при термостатуванні проб ЖПВ із засобом «НІМЕХ DDC» при витраті 0,0015 % до маси соку наведені на рис. 3.22 – 3.23.

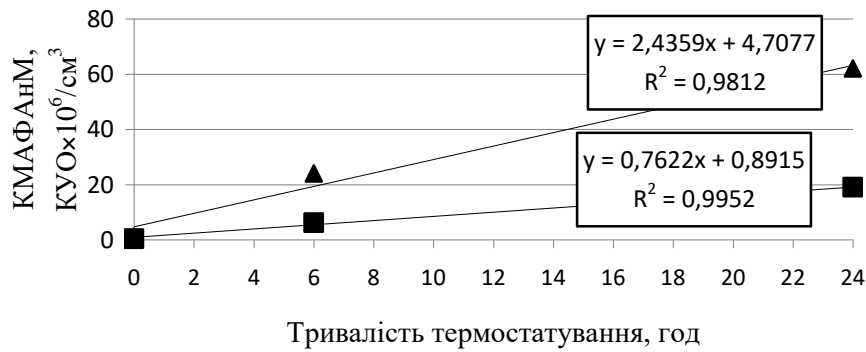


Рис. 3.22. Результати мікробіологічного дослідження жомпресової води за показником КМАФАнМ при введенні дезінфікуючого засобу «НІМЕХ DDC»

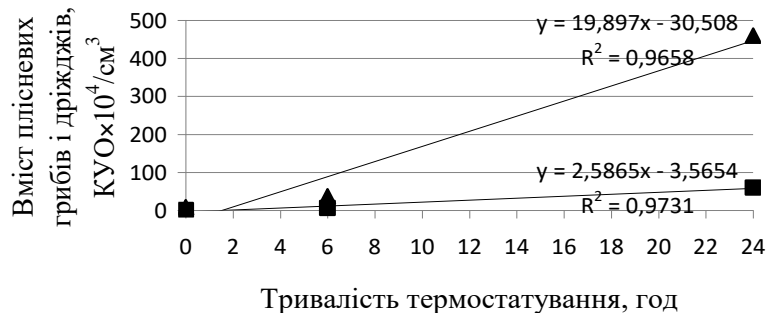


Рис. 3.23. Результати мікробіологічного дослідження жомпресової води за вмістом дріжджів та спор плісневих грибів при введенні дезінфікуючого засобу «НІМЕХ DDC».

Згідно отриманих даних, наведених на рис. 3.22-3.23, слід відмітити, що засіб характеризується пролонгованістю дії, про що свідчить незначне збільшення приросту мікрофлори ЖПВ через 6 і 24 год, та загальний ефект знезараження – вище 70 %.

Таким чином, результати проведених досліджень свідчать, що засіб має високу ефективність по відношенню до більшості мікроорганізмів, які спричиняють втрати сахарози в процесі її екстрагування з бурякової стружки та призводять до погіршення технологічної якості напівпродуктів

бурякоцукрового виробництва. Крім того, зазначений засіб виявляє ефективність щодо пригнічення розвитку слизоутворювальних бактерій.

Витрати засобу залежать від характеру контамінуючої мікрофлори сировини, напівпродуктів, технологічних вод, ємностей та обладнання.

3.6. Розроблення технологічної схеми очищення жомопресової води з використанням дефекасураційного осаду

На основі проведених лабораторних досліджень були визначені основні вимоги до схеми очищення жомопресової води дефекасураційним осадом, згідно яких обладнання для очищення має передбачати наступні ланки схеми:

- Змішування жомопресової води з дефекасураційним осадом;
- Відділення осаду;
- Підкислення жомопресової води до рН₂₀ 5,8-6,2.

Для змішування дефекасураційного осаду з жомопресовою водою використовується мішалка. Тривалість оброблення складає 2-4 хв. Відділення осаду може проводитися на дискових фільтрах, у відстійнику або циклонах. При використанні осаду з додаванням Са(ОН)₂ швидкість відстоювання жомопресової води достатня для використання гравітаційного розділення суміші. У разі використання неактивованого осаду більш доцільним є застосування дискових фільтрів.

Для підкислення жомопресової води, як попередньо зазначалося, може бути використаний двооксид сірки (сірчистий газ) або сульфат алюмінію.

Відповідно до вищевказаного представлена дві схеми очищення жомопресової води з обробкою сірчистим газом (рис. 3.24)

Таким чином, згідно рис. 3.24, жомопресова вода після жомових пресів 3 поступає на механічне очищення на мезгоуловлювач 7 або дугове сито. Необхідно відмітити, що перевага надається ротаційним пульпоуловлювачам, які відзначаються більшою стабільністю в роботі порівняно до дугових сит. Після чого жомопресова вода підігрівається до температури 80-85 °С і

змішується з фільтраційним осадом у мішалці 5. Суміш жомпресової води з фільтраційним осадом направляється на розділення у дисковий фільтр 9. Відділений осад виводиться на поля фільтрації, а очищена жомпресова вода поступає на струминний сульфітатор 10. Жомпресова вода обробляється сірчистим газом до рН 4,5-5,0 до утворення бісульфіту кальцію, після чого змішується з барометричною водою та направляється спільно для живлення дифузійної установки. Схема подавання вод у дифузійний апарат залежить від можливого ступеня пресування жомових пресів та величини вмісту цукрози в жомі на виході з дифузійного апарату і може бути як спільною так і роздільною.

Дозування розчину сульфату алюмінію здійснюється автоматично за допомогою регулюючого клапана, пов'язаного з рН-метром.

Перевагою схеми очищення жомпресової води дефекосатураційним осадом є можливість комбінування її зі схемою підготовки барометричної води та конденсатів сульфатом алюмінію. У разі застосування запропонованої схеми виключається застосування гіпсу для обробки жому перед пресуванням.

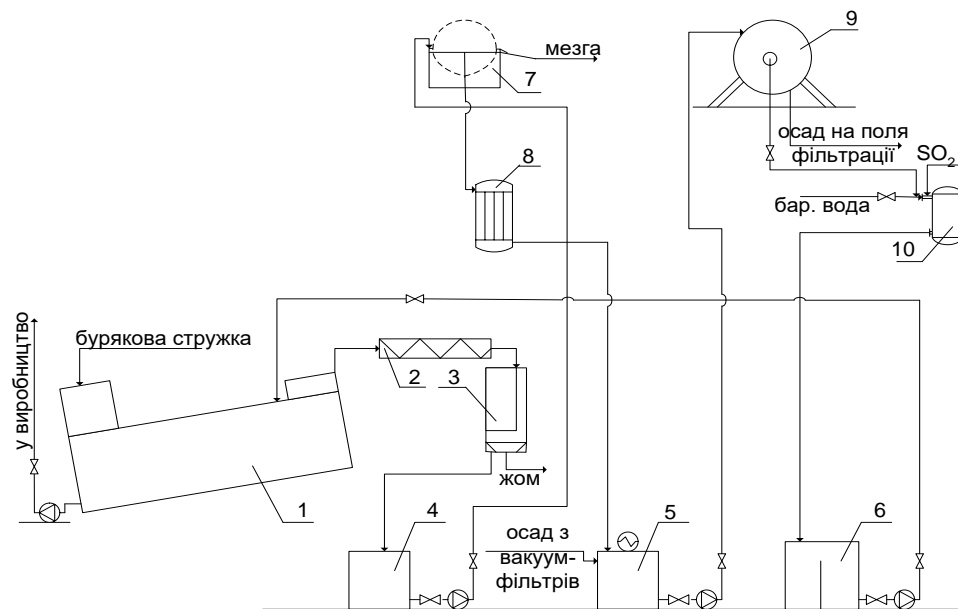


Рис. 3.24 Схема очищення жомпресової води дефекосатураційним осадом з сульфитацією: 1- дифузійний апарат, 2- шнек видалення сирого жому, 3- жомовий прес, 4-збірник жомпресової води, 5- збірник-мішалка, 6-збірник

живильної води на дифузію, 7-мезгоуловлювач, 8-підігрівник. 9-фільтр, 10-сульфітатор.

Висновки до розділу 3

На основі проведених нами досліджень можемо зробити наступні висновки:

1. Встановлено залежності якості жомопресової води від вмісту сахарози в жомі та чистоти клітинного соку. Показано, що жомопресова вода в період виробничого сезону становить в межах 80-89%. При цьому вміст сахарози у жомі до пресування змінювався в діапазоні 2-4%, чистота клітинного соку та дифузійного соку в середньому становила 88-90%.

2. Встановлено ефективність очищення жомопресової води дефекосатураціним осадом. Так, в середньому на витрати осаду 12 % до маси ЖПВ, витрати вапняного молока 0,2% до маси осаду досягається ефект очищення ЖПВ 30%.

Очищення жомопресової води із застосуванням дефекосатураційного осаду, активованого гідроксидом кальцію, дозволяє не тільки покращити якість води, а й зменшити кількість відходів виробництва (дефекату), зменшити витрати вапняного молока і палива порівняно до способу дефекосатураційного очищення.

3. Застосування дезінфікуючого засобу «НІМЕХ DDC» для обробки жомопресової води при витраті 0,0015 % до маси соку забезпечує ефект знезараження 74,2% за показником КМАФАнМ, та 85,9 % щодо вмісту плісневих грибів і дріжджів. Встановлено, що засіб характеризується пролонгованістю дії, про що свідчить незначне збільшення приросту мікрофлори жомопресової води через 6 і 24 год, та загальний ефект знезараження – вище 70 %.

4. Показано, що найкращі результати щодо ефективності видалення аміаку з конденсатів вторинних сокових парів досягаються за температури процесу 70 С та тривалості контакту цеоліт-вода 10-14 хв.

5. Використання флокулянту «Магнофлок LT 27» інтенсифікує процес очищення транспортерно-мийної води бурякоцукрового виробництва, забезпечує високий ефект очищення води за завислими речовинами.

6. Розроблено принципову апаратерно-технологічну схему очищення жомопресової води для застосування на ТОВ «Новооржицький цукровий завод»

РОЗДІЛ 4

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ТРАНСПОРТЕРНО-МИЙНОЇ ВОДИ

4.1. Постановки задачі оптимізації

Метою вирішення задачі оптимізації є встановлення оптимальних параметрів процесу очищення транспортерно-мийної води з використанням флокулянту.

Опис постановки задачі оптимізації повинен включати такі елементи:

– перелік параметрів оптимізації

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} \quad (4.1)$$

– критерій оптимальності або цільову функцію

$$(4.2)$$

При вирішенні задачі нелінійної багатопараметричної оптимізації постановкою задачі оптимізації передбачається необхідність знаходження мінімуму цільової функції:

$$(4.3)$$

де X - вектор параметрів оптимізації $X = (x_1, x_2, \dots, x_N)$ з розмірністю N , підмножини D ; D – область допустимих значень параметрів; $f(X)$ – нелінійна скалярна функція визначена підмножиною X , яка має кінцеве значення.

При рішенні задач умовної оптимізації вводяться обмеження на параметри оптимізації типу нерівностей і рівностей:

$$g_i(X) \leq 0, i = 1, 2, \dots, K; \quad (4.4)$$

$$h_i(X) = 0, i = K+1, \dots, M,$$

де, як правило, обмеження нерівності $g_i(X)$ при $i = 1, 2, \dots, K$ показують технічні характеристики процесу або технологічної структури, а обмеження рівності $h_i(X)$ при $i = K+1, \dots, M$ відображають технологічні і фізичні закони, які використовуються в моделі.

В загальному вигляді багатокритеріальна задача оптимізації характеризується векторним критерієм оптимальності $F(x) = (f_1(x), f_2(x), \dots, f_s(x))$, та має s складових, локальних критеріїв.

В якості параметрів оптимізації процесу очищення ТМВ нами обрано:

X_1 – тривалість процесу очищення ТМВ;

X_2 – температура процесу очищення ТМВ.

В якості цільової функції обрано узагальнений критерій оптимізації.

Для математичного оброблення та встановлення оптимальних параметрів процесу попередньо проведено ряд експериментальних досліджень. Оскільки ефективність процесу очищення транспортерно-мийної води в значній мірі визначається температурою, яка відповідно залежить від температури навколишнього середовища, то нами обрано три можливі усереднені режими температури транспортерно-мийної води: 3-7°C, 8-13°C, 15-20°C.

Для оцінки ефективності процесу розраховуємо співвідношення висоти шару освітленої води за 2, 5, 10, 15, 25 хв. порівняно до максимального освітлення за 25 хв. за формулою:

$$E_{\text{ф. осв.}} = (H_1/H_2) \times 100, \% \quad (4.5)$$

Результати досліджень за відповідних температурних діапазонів наведено в таблицях 4.1 – 4.3

Таблиця 4.1. Результати досліджень

Швидкість осідання	Кількість флокулянту (0 мл)		Кількість флокулянту (0,5 мл)		Кількість флокулянту (1 мл)		Кількість флокулянту (1,5 мл)	
	висота освітл. шару	%	висота освітл. шару	%	висота освітл. шару	%	висота освітл. шару	%
<i>Температура води 3-7°C</i>								
2 хв	1	4,3	2,2	9,8	2,5	11,6	3,1	13,5
5 хв	1,5	6,5	9,4	42,1	7,7	35,9	9,3	40,7
10 хв	7,8	34,2	11,2	50,2	10,4	48,6	13,2	57,9
15 хв	16,4	71,9	13,7	61,4	13,5	63,1	15,7	68,8
25 хв	21,3	93,4	21,2	95,1	20,4	95,3	21,8	95,6

Таблиця 4.2. Результати досліджень

Швидкість осідання	Кількість флокулянту (0 мл)		Кількість флокулянту (0,5 мл)		Кількість флокулянту (1 мл)		Кількість флокулянту (1,5 мл)	
	висота освітл. шару	%	висота освітл. шару	%	висота освітл. шару	%	висота освітл. шару	%
<i>Температура води 8-13°C</i>								
2 хв	1	4,4	1,8	7,8	2,7	12,7	3,5	15,5
5 хв	1,5	6,6	4,5	19,6	8	37,5	9,7	42,9
10 хв	10,9	47,8	9,3	40,4	10,3	48,3	12,8	56,6
15 хв	16,4	71,9	12,5	54,3	13,8	64,8	16	70,8
25 хв	21,3	93,4	21,5	93,5	20,3	95,3	21,6	95,6

Таблиця 4.3. Результати досліджень

Швидкість осідання	Кількість флокулянту (0 мл)		Кількість флокулянту (0,5 мл)		Кількість флокулянту (1 мл)		Кількість флокулянту (1,5 мл)	
	висота освітл. шару	%	висота освітл. шару	%	висота освітл. шару	%	висота освітл. шару	%
<i>Температура води 15-20°C</i>								
2 хв	1	4,4	2,5	10,8	2,5	11,8	3	13
5 хв	1,5	6,6	6	26,1	9,3	43,8	8,3	36,1
10 хв	12,1	53,1	11,4	49,6	13,6	64,1	15,2	66,1
15 хв	16,4	71,9	15	65,2	17,5	82,5	22	95,6
25 хв	21,3	93,4	22	95,6	20,2	95,3	22	95,6

Для оцінки ефективності процесу розраховуємо співвідношення висоти шару освітленої води за 2, 5, 10, 15, 25 хв. порівняно до максимального освітлення за 25 хв. за формулою:

$$E_{\text{ф. осв.}} = (H_1/H_2) \times 100, \% \quad (4.5)$$

4.2. Знаходження коефіцієнтів рівняння регресії, що описує процес очищення транспортерно-мийної води флокулянтом

«Магнофлок LT 27»

Метою розрахунку було визначення залежності ефективності осадження осаду транспортерно-мийної води від витрат флокулянту на основі ПАА і часу седиментації.

Для обробки експериментальних даних використовуємо квадратичний поліном виду:

$$F1(x1, x2) := a_0 + a_1 \cdot x1 + a_2 \cdot x2 + a_3 \cdot x1 \cdot x2 + a_4 \cdot x1^2 + a_5 \cdot x2^2 \quad (4.6)$$

За допомогою пакету прикладних програм Mathcad, здійснили розрахунок та уточнення коефіцієнтів рівнянь, які включають розрахунок середньоквадратичної похибки шляхом порівняння розрахункових даних з експериментальними.

За температури 5°C:

(Додаток Е)

$$SKP1 := \sqrt{\sum_{i=0}^N \frac{(G_i - F1(C_i, \tau_i))^2}{N}}$$

SKP1 = 0.606

$$a = \begin{pmatrix} -10.74322 \\ 28.93597 \\ 5.53984 \\ -0.5393 \\ -8.84 \\ -0.0601 \end{pmatrix}$$

Відповідно одержано наступні коеф рівняння регресії для вище зазначеного поліному.

Отже, рівняння регресії, що описує ефективність осадження осаду транспортерно-мийної води за температури 3-7°C має вигляд:

$$Eф.оч.(x, \tau) = -10,743; 28,935; 5,539; -0,539; -8,84; -0,060$$

Графічна залежність ефективності осадження осаду транспортерно-мийної води від дозування флокулянту «Магнофлок LT 27» (x1) та тривалості процесу (x2) наведено на рисунках 4.2-4.4.

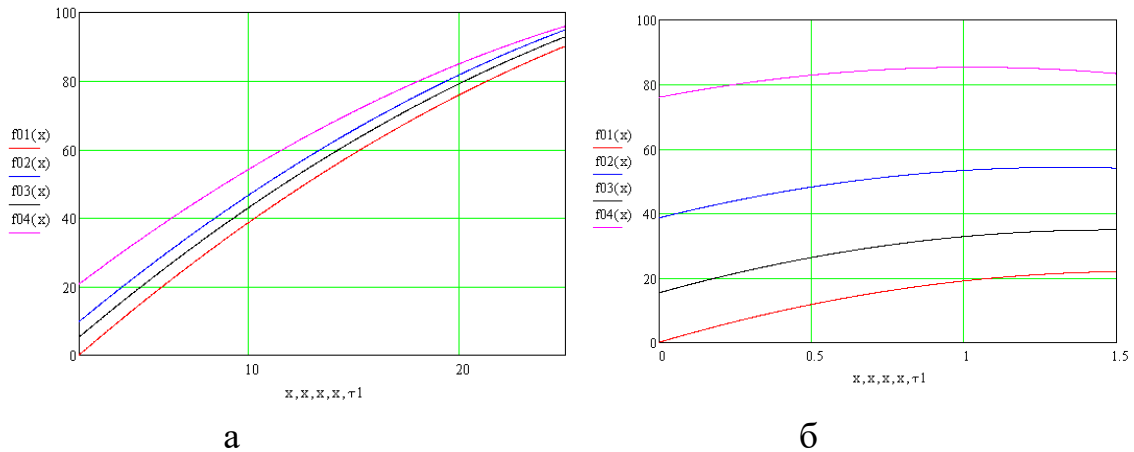


Рис. 4.1 (а,б) Графічна залежність ефективності осадження осаду від витрат флокулянту «Магнофлок LT 27» за тривалості процесу 2, 5, 10, 15, 25 хвилин.

За температури 10°C:
(Додаток Є)

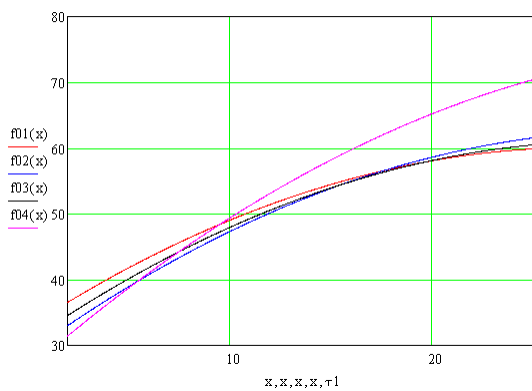
$$SKP1 := \sqrt{\sum_{i=0}^N \frac{(G_i - F1(C_i, \tau_i))^2}{N}}$$

$$a = \begin{pmatrix} 32.68189 \\ -12.28953 \\ 1.99737 \\ 0.56733 \\ 5.74 \\ -0.03638 \end{pmatrix}$$

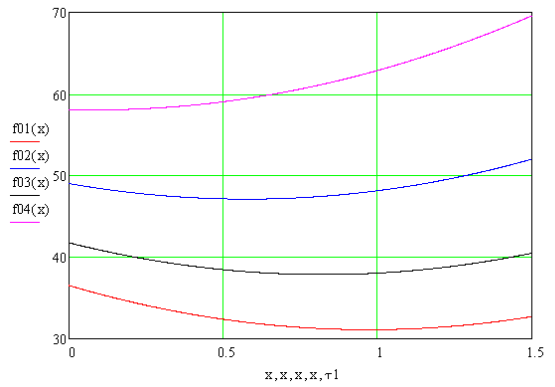
SKP1 = 28.684

Отже, рівняння регресії, що описує ефективність осадження осаду транспортерно-мийної води за температури 8-13°C має вигляд:

$$E_{ф.оч.}(x, \tau) = 32,681; -12,289; 1,997; 0,567; 5,74; -0,036$$



а



б

Рис. 4.2 (а,б) Графічна залежність ефективності осадження осаду від витрат флокулянту «Магнофлок ЛТ 27» за тривалості процесу 2, 5, 10, 15, 25 хвилин.

За температури 20°C:

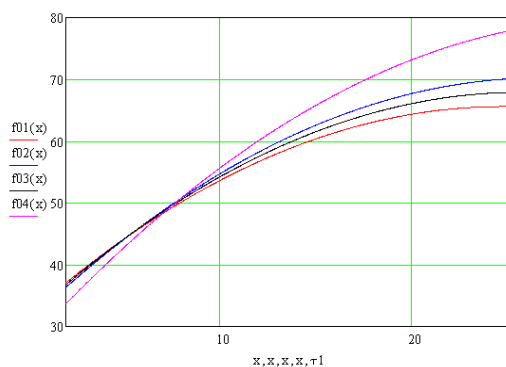
(Додаток Ж)

$$SKP1 := \sqrt{\sum_{i=0}^N \frac{(G_i - F1(C_i, \tau_i))^2}{N}} \quad SKP1 = 30.148$$

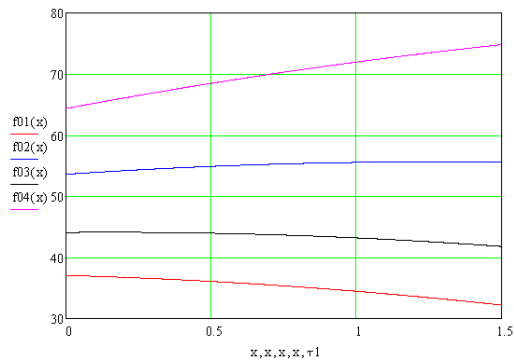
$$a = \begin{pmatrix} 31.8095 \\ -2.44335 \\ 2.73112 \\ 0.56661 \\ -1.28 \\ -0.05519 \end{pmatrix}$$

Отже, рівняння регресії, що описує ефективність осадження осаду транспортерно-мийної води за температури 15-20°C має вигляд:

$$Eф.оч.(x, \tau) = 31,809; -2,443; 2,731; 0,566; -1,28; -0,055$$



а



б

Рис. 4.3 (а,б) Графічна залежність ефективності осадження осаду від витрат флокулянту «Магнофлок ЛТ 27» за тривалості процесу 2, 5, 10, 15, 25 хвилин.

4.3. Визначення оптимальних параметрів ефекту осадження осаду транспортерно-мийної води

Метою розрахунку задач оптимізації було встановлення оптимальної кількості флокулянту «Магнофлок LT 27» для покращення освітлення транспортерно-мийної води.

Узагальнений критерій оптимізації враховує відповідні залежності функцій відгуку (локальні критерії оптимальності процесу) у вигляді рівняння у безрозмірній формі:

$$Ff_{il,jl} := (ff1_{il,jl})^{0.1} \cdot (ff2_{il,jl})^{0.1} \cdot (ff3_{il,jl})^{0.1} \cdot (ff4_{il,jl})^{0.7},$$

де відповідно локальні критерії оптимальності

ff1 - функція швидкості осадження осаду від витрат флокулянту та тривалості процесу;

ff2 - Функція мінімізації тривалості процесу

ff3 -Функція мінімізації витрат флокулянту

ff4 -Функція ефективності освітлення соку від витрат флокулянту та тривалості процесу.

Визначення оптимальної кількості флокулянту «Магнофлок LT 27» по узагальненому критерію оптимізації. Переведення натуральних значень локальних критеріїв оптимальності в безрозмірну форму здійснювали методом Харрінгтона. Задавши інтервали бажаностей натуральних значень локальних критеріїв оптимальності маємо наступний графік, зображений на рис. 4.5 – 4.7

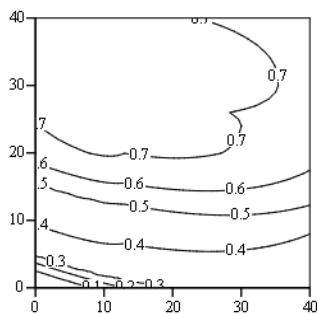


Рис. 4.5 – Залежність узагальненого критерію оптимізації від кількості флокулянту «Магнофлок LT 27» за температури 3-7°C.

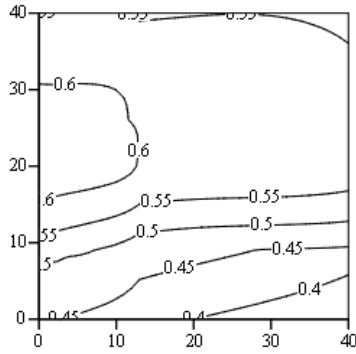


Рис. 4.6 – Залежність узагальненого критерію оптимізації від кількості флокулянту «Магнофлок LT 27» за температури 8-13°C.

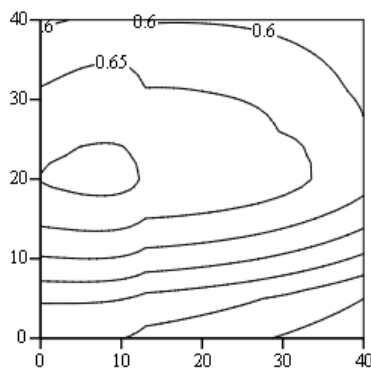


Рис. 4.7 – Залежність узагальненого критерію оптимізації від кількості флокулянту «Магнофлок LT 27» за температури 15-20°C.

Висновки до розділу 4

На основі проведених обчислень, можемо визначити оптимальну дозу флокулянту марки «Магнофлок LT 27» у транспортерно-мийну воду.

Оптимальні параметри процесу за температурним режимом 3-7°C становлять: витрати флокулянту 0,68 г/м³, тривалість процесу 12,35 хв.

Оптимальні параметри процесу за температурним режимом 8-13°C становлять: витрати флокулянту 0,72 г/м³, тривалість процесу 12,35 хв.

Оптимальні параметри процесу за температурним режимом 15-20°C становлять: витрати флокулянту 0,32 г/м³, тривалість процесу 12,35 хв.

РОЗДІЛ 5

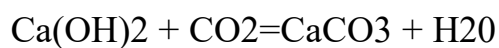
ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ОЧИЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВОД У БУРЯКОПЕРЕРОБНОМУ ВІДДІЛЕННІ

5.1. Екологічні аспекти застосування дефекосатураційного осаду та дезінфектанту «НІМЕХ DDC» для очищення жомопресової води

Утилізація відходів - це одна з найважливіших проблем сучасної промисловості. Використання побічних продуктів і відходів цукропереробної промисловості, які утворюються у великій кількості, дозволяє повернути для використання в землеробстві тисячі гектарів земель, зайнятих відвалами. Такий відход цукрового виробництва, як дефекосатураційний осад (дефекат) становлять велику цінність і може використовуватись як для добрива для сільськогосподарських угідь так, як сорбент для очищення вод так і повторно в процесах буряко-цукрового виробництва. Цей осад збалансований за хімічним складом та ефективно впливає на ріст і розвиток рослин. Крім того, у своєму складі містить природні мінерали, які сприяють регенерації ґрунтів.

Отже, є можливість одержувати сорбент на основі твердого відходу цукрової промисловості - дефеката. Дослідження сорбційних властивостей термічно модифікованого дефекату це тільки підтверджує. Утворення дефеката відбувається при очищенні дифузійного соку.

Основною складовою дефеката є CaCO_3 , який утворюється в результаті реакції:



До допоміжних операцій належить отримання вапна, вапняного молока, сатураційних газів - оксиду вуглецю.

В Україні використання дефекосатураційного осаду для очистки соків допускається Правилами ведення технологічного процесу виробництва цукру з цукрових буряків ПУП 15.83-37-106-2007.

На ТОВ «Новооржицький цукровий завод» було прийнято рішення, за рахунок хороших сорбційних властивостей дефекату, використовувати його для

очистки жомопресової води, що дає змогу підвищити чистоту ЖПВ, як наслідок підвищити чистоту дифузійного соку, зменшити витрати вапнякового каміння та вугілля на очистку соків, та збільшити вихід цукру. Дана схема не потребує великих капіталовкладень та затрат на придбання інших сорбентів (реагентів).

Узагальнюючи наведені вимоги можна зазначити, що дефекосатураційний осад при використанні його для очищення жомопресової води до дезінфектантів, що використовуються у виробництві цукру висуваються вимоги не токсичності та безпеки щодо навколишнього середовища з дотриманням рекомендацій і при дотриманні вимог охорони праці, виробничої санітарії не спричиняє негативного впливу та не має обмежень у повторному використанні на цукрових заводах.

Дезінфекційну обробку засобом «НІМЕХ DDC» здійснюють відповідно до загальних вимог щодо безпеки згідно з чинними санітарними нормами діючими на Україні вимог до виробничого устаткування згідно з чинними санітарними нормами діючими на Україні, та повинен відповідати вимогам, що викладені у „Правилах охорони праці в цукровому виробництві”, ДНАОП 1.8.10-1.24 та «Правилах по техніці безпеки та виробничої санітарії в цукровій промисловості» [46], 1972 р. (Доп. 1976-1988 р.р.).

Методи утилізації засобу. Партії дезінфекційного засобу з простроченим терміном придатності та некондиційний засіб (внаслідок порушення умов зберігання) підлягає поверненню на спеціалізоване підприємство або постачальнику для знешкодження та переробки.

Відпрацьовані робочі розчини зливають у каналізацію після розбавлення водою у співвідношенні 1:10.

У випадку розливання засобу необхідно забезпечити адсорбування рідини негорючим матеріалом (пісок, силікагель), зібрати та відправити на утилізацію, залишки змити великою кількістю води.

В аварійній ситуації при випадковому витоку засобу та прибиранні залишків персонал повинен використовувати індивідуальні засоби захисту

органів дихання, шкіри та очей що відповідають вимогам ДСТУ 7239 [42]: захисний одяг з бавовняної тканини згідно з вимогами ДСТУ EN ISO 13688:2016 [44], рукавички гумові згідно з ГОСТ 20010, фартух із прогумованої тканини (ДСТУ EN 467-2003 [45] або ДСТУ EN 470-1-2003); , окуляри захисні згідно з ДСТУ EN 166, засобами індивідуального захисту органів дихання згідно з ДСТУ ГОСТ 12.4.041 [43] або аналогічні згідно з чинною нормативною документацією.

Вимоги щодо охорони довкілля:

- Під час зберігання та транспортування засобу «НІМЕХ DDC» стічні води та газові викиди не утворюються.
- Під час використання засобу «НІМЕХ DDC» необхідно дотримуватися вимог СанПіН 2.1.4.559.
- Ґрунт від забруднення побутовими та промисловими відходами необхідно охороняти відповідно до ДСТУ 4462.3.01:2006 [40] та вимог наказу МОЗ №145 [47].
- Промивні води із залишками дезінфекційного засобу «НІМЕХ DDC» підлягають скиду до каналізаційної системи.
- Додаткових відходів виробництва, стічних вод та викидів в атмосферу при впровадженні запропонованого способу дезінфекції не передбачається.
- Утилізація тари:
 - металева тара підлягає триразовому промиванню водою, прокалюванню та утилізації відповідно до ДСТУ 4462.3.02:2006 [41] та вимог наказу МОЗ №145 [47];
 - полімерна (пластикові) тара підлягає промиванню, може бути повернена для переробки чи повторного використання або утилізації шляхом спалювання або вивезення на санітарне звалище.
- Засіб з простроченим терміном придатності та некондиційний засіб (внаслідок порушення умов зберігання) підлягає поверненню на договірних умовах

спеціалізованим організаціям або постачальнику для знешкодження або переробки.

Таким чином, дезінфекційний засіб «НІМЕХ DDC» відповідає вимогам щодо екологічної безпеки у виробництві цукру.

5.2. Економічні розрахунки впровадження технології застосування дефекосатураційного осаду для очищення жомопресової води.

Сьогодні ефективність роботи цукрового заводу визначається енергозбереженням і екологічною безпекою виробництва при високому коефіцієнті вилучення цукру з сировини, а також якістю і собівартістю готової продукції.

Впровадження проводиться без будівельних робіт, тому що передбачає додаткове встановлення мішалки жомопресової води з осадом, два насоса для перекачування суміші жомопресової води з дефекосатураційним осадом та встановлення двох дискових фільтрів ДФ-150 на ТОВ «Новооржицький цукровий завод».

Вартість всього устаткування з урахуванням витрат на трубопроводи і КВП 520 тис. грн.

До суми капітальних витрат входить, грн.:

$$K = K_{\text{пер}} + Д + З - В_p,$$

де K – сума капітальних витрат;

$K_{\text{пер}}$ – первісна вартість нового устаткування;

$Д$ – витрати на демонтаж старого устаткування;

$З$ – залишкова вартість замінюваного устаткування;

$В_p$ – виручка від реалізації замінюваного устаткування;

Виробнича програма заводу:

Добова переробка (планова)	7800 т/добу
Коефіцієнт використання потужності	0,99
Середня кількість буряків, що переробляються заводом	321494 т

Добова переробка	$7800 * 0,99 = 7722$ т
Тривалість сокодобування	$321494 / 7722 = 41,6$ доби
Тривалість виробництва	44 доби
середній вміст цукрози в буряках	17,27 %
втрати цукру при транспортуванні і зберіганні	0,09 %
втрати цукру у виробництві	0,68%
вміст цукрози в мелясі	1,79 %
Вихід цукру до впровадження	$17,27 - 0,09 - 0,68 - 1,79 = 14,71$ %

Кількість продукції до впровадження:

Цукру	$321494 * 14,71 / 100 = 47292$ т
меляси	$321494 * (1,79 * 2) * 0,99 / 100 = 11394$ т

Кількість продукції після впровадження.

В результаті впровадження вихід цукру збільшився на 0,3 %

Після реконструкції вихід цукру	$14,71 + 0,3 = 14,74$ %
Цукру	$321494 * 14,74 / 100 = 47388$ т
меляси	$321494 * (1,79 * 2) * 0,99 / 100 = 11394$ т

Вироблено цукру 47388 т на суму:

$$47388 * 21333,6 / 1000 = 1\ 010\ 957 \text{ тис. грн.}$$

Вироблено меляси 11394 т на суму:

$$11394 * 3154,8 / 1000 = 35\ 946 \text{ грн.}$$

Розрахунок витрат по змінних статтях

Витрати зростуть:

1) Допоміжні матеріали.

Впровадженням передбачає використання таких допоміжних матеріалів як тканина фільтрувальна.

Вартість трьох комплектів складає 168 966 грн.

2) Електроенергія на технологічні цілі.

В запропонованій схемі передбачено додатковий насос, мішалка, дисковий фільтр які будуть додатково споживати електроенергію, а саме:

$$(5,5\text{кВт} + 37\text{кВт} + 4\text{кВт}) * 24\text{год} * 42 \text{ діб} = 46\ 872 \text{ кВт-год.},$$

на суму:

$$46\,872 * 3,57 = 167\,333 \text{ грн,}$$

де 3,57 грн. – ціна 1 кВт-год.

3) Витрати на утримання і експлуатацію додаткового устаткування.

Вартість схеми по впровадженню очищення жомопресової води дефекосатураційним осадом включає встановлення мішалки жомопресової води з осадом, два насоса для перекачування суміші жомопресової води з дефекосатураційним осадом та встановлення двох дискових фільтрів ДФ-150, які є на підприємстві, що складає 520 000 грн. Приймаємо амортизаційні відрахування 8%, а витрати на поточний ремонт 5%.

Отже витрати на утримання і експлуатацію складуть:

$$520\,000 * (8+5)/100 = 67\,600 \text{ грн.}$$

Витрати знизяться:

1) Витрати на вапняковий камінь:

Економія СаО за рахунок підвищення чистоти дифузійного соку складає 0,2 % до маси буряків. Витрати вапняку знизяться на:

$$15\,386 * (0,25 * 2) / 100 = 76,93 \text{ т}$$

на суму: $76,93 * 482,6 = 37\,126 \text{ грн.}$,

де 482,6 грн. – ціна 1 тони вапняку із врахуванням витрат на доставку.

2) Витрати палива на випал вапнякового каменю:

Економія палива на випал вапняку складає:

$$76,93 * 0,75 / 100 = 57,69 \text{ т ум. палива}$$

що в перерахунку на газ складає: $57,69 / 1,17 = 49,30 \text{ м}^3$

на суму: $49,30 * 29972 = 1\,477,850 \text{ грн,}$

де 29972 грн. – ціна 1 тис.м³ газу.

Після впровадження повні витрати на продукцію складуть:

$$520\,000 + 168\,966 + 167\,333 + 67\,600 - 37\,126 - 1\,477,850 = 885\,295 \text{ грн.}$$

Повні витрати на 1т. цукру складуть: $885\,295 / 47\,388 = 18,68 \text{ грн.}$

Після впровадження прибуток складе:

$$(21\,333,6 - 18,68) * 47\,388 = 1\,010\,071 \text{ тис. грн.}$$

Додатковий прибуток складе: 1 010 957 тис. – 1 010 071 тис = 886 тис. грн.

Чистий прибуток (враховуючи 25 % податок на прибуток) складатиме

$$\Delta\text{ЧП} = 886 - (886 * 25 / 100) = 664,5 \text{ тис грн.}$$

Термін окупності капіталовкладень: $T = 520\,000 / 664\,500 = 0,78$ роки.

Рентабельність продукції після впровадженн:

$$664,5 * 100 / 47\,388 = 1,4 \%$$

Висновки до розділу 5

1. Дефекосатураційний осад є екологічно безпечним під час використання у бурякоцукровому виробництві. За повторного використання дефекату в технологічних процесах зменшиться витрата допоміжних матеріалів хімічного походження, тим самим знизиться негативний вплив на навколишнє середовище та ризик забруднення готової продукції небезпечними речовинами.

2. Дезінфектант «НІМЕХ DDC» відповідає екологічним вимогам та вимогам харчової безпеки за умови дотримання інструкцій виробника та перевірки його за показниками якості та безпеки.

3. Згідно з розрахунку економічного ефекту видно, що впровадження данної схеми не потребує великих капіталовкладень, має не великий термін окупності 0,78 роки та чистий прибуток 664,5 тис грн.

ВИСНОВКИ

Базуючись на узагальненні теоретичних та експериментальних даних було досліджено способи підвищення ефективності очищення технологічних вод у бурякопереробному відділенні цукрового заводу шляхом застосування додаткових реагентів отримано наступні висновки:

1. В лабораторних умовах експериментально встановлено, що при застосуванні додаткових реагентів, таких як: дефекосатураційний осад, цеоліт, флокулянт «Магнофлок LT 27» спостерігається підвищення ефективності очищення технологічних вод бурякоцукрового виробництва.

2. За результатами експериментальних досліджень розроблено рівняння регресії, що дозволяють оптимізувати процес очищення жомопресової води дефекосатураційним осадом. Встановлено, що висока ефективність очищення досягається за витрат дефекосатураційного осаду 12%, витрат вапняного молока 0,2% CaO, температури процесу 72°C.

3. Досліджено ефективність видалення аміаку з конденсатів вторинних сокових парів з використанням цеоліту. Так, за температури 70 °C досягається ефект видалення аміаку до 25 %.

4. За допомогою методів математичного моделювання запропоновано раціоналізувати витрати флокулянту під час очищення транспортерно-мийної води. Розроблено програму розрахунку за експериментальними рівняннями регресії, що дозволяє оптимізувати витрати флокулянту залежно від тривалості процесу освітлення ТМВ та її температури. Так, оптимальні параметри процесу для флокулянту марки «МагнофлокLT 27» становлять:

- за температурного режиму очищення ТМВ 3-13°C: витрати флокулянту 0,68-0,7 г/м³, тривалість процесу 12-15 хв.
- за температурним режимом 15-20°C витрати флокулянту 0,32 г/м³, тривалість процесу 12-15 хв.

5. Очікуваний економічний ефект від впровадження схеми очищення жомопресової води дефекосатураційним осадом становить 664,5 тис грн. При цьому термін окупності впровадження - 0,78 роки, тобто даний проект є доцільним для введення на виробництві (Акт промислових випробувань, Додаток 3).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Спосіб обробки жомопресової води дефекосатурацією: пат 35835 Україна / Мількевич Володимир Михайлович, Костенко Анатолій Миколайович, Кульковець Наталія Василівна, Осадчий Леонід Мартинович: МПК С13D1/08; заявл. 16.12.1998; опубл. 16.04.2001, Бюл. № 3.
2. Спосіб очищення жомопресової води: пат. 44540 Україна / Ліпец Антон Адамович, Гусятинська Наталія Альфредівна, Навроцький Юрій Борисович, Гусятинський Микола Володимирович, Вержбицький Олександр Вадимович: МПК С13D3/00; заявл. 18.05.2001; опубл. 15.02.2002, Бюл № 2.
3. Спосіб вилучення цукру з бурякової стружки: пвт. 45791 Україна / Ліпец Антон Адамович, Гусятинська Наталія Альфредівна, Гусятинський Микола Володимирович: МПК С13D1/10; завл. 06.07.2001; опубл. 15. 04. 2002, Бюл № 4
4. Спосіб екстрагування цукру з бурякової стружки: пат. 112638 Україна Олішевський Валентин Вікторович, Українець Анатолій Іванович, Пушанко Наталія Миколаївна, Маринін Андрій Іванович, Бабко Євген Миколайович, Лопатько Костянтин Георгійович: МПК С13В 5/06 (2011.01) № u 2016 06324; заявл. 10.06.2016; опубл. 26.12.2016; Бюл.№ 24
5. Спосіб підготовки живильної води для екстрагування сахарози із бурякової сировини: пат. 11271 Україна / Купчик Михайло Петрович, Саар Денис Вячеславович, Захарченко Тетяна Миколаївна, Сидорченко Олена Іванівна: МПК С13D1/10; заявл. 17.06.2005; опубл. 15.12.2005 Бюл № 12.
6. Спосіб екстрагування сахарози з бурякової стружки: пат. 118887 Україна / Гусятинська Наталія Альфредівна, Нечипор Тетяна Миколаївна, Резніченко Юрій Миколайович, Гусятинський Микола Володимирович, Соботюк Яна Юріївна, Халахандрик Ганна Олександрівна: МПК С13В 10/08 (2011.01) № u 2017 03297; заявл. 06.04.2017; опубл. 28.08.2017; Бюл.№ 16
7. Спосіб підготовки живильної води для екстрагування цукрози з бурякової сировини: пат. 58320 Україна / Гусятинська Наталія Альфредівна,

Гусятинський Микола Володимирович, Коровко Світлана Миколаївна: МПК С13D 1/08 (2006.01); заявл. 26.11.2002; опубл. 15.08.2006; Бюл. № 8.

8. Технологія цукру: підручник: в 3т. Т.1:Вирощування, зберіганняцукровихбуряків, видобування сахарози /А.А.Ліпець, В.М.Логвін, К.Д.Скорик та ін.; за ред. В. М. Логвіна, А. І. Українця; Нац. ун-т харч. технол.– К.:Експрес-об'ява, 2015. – 288с.

9. Аналіз способів очищення та повернення жомпресової води в процесі екстрагування цукрози/ Ліпець А.А., Гусятинська Н.А./ Матеріали наук.-техн. конференції цукровиків України. Київ, 5-7 квітня 2005 р. – К.: НУХТ, 2005. – С. 168-171.

10. Горожанкина Ксения Костянтиновна Совершенствование физико-химической очистки жомпрессовой воды – Автореф. дис. док. техн. наук. – 2010. 185 с.

11. Способ десорбции аммиака из конденсатов вторичных паров выпарной установки для экстрагирования сахара из свекловичной стружки/ Гусятинская Н.А., Негода Ф.В., Таран В.М., Липец А.А., Фельдман А.И., Навроцкий Ю.Б./ А.С.СССР №1558989 Бюл. №15, 23.04.1990.

12. Спосіб деамонізації конденсатів цукрового виробництва: пат. 102419 Україна / Пономаренко Віталій Васильович, Вискребцов Володимир Борисович: МПК (2013.01) С13В 25/00 № а 2011 08484; заявл. 06.07.2011; опубл. 10.07.2013, Бюл.№ 13

13. Современные технологии и оборудование свеклосахарного производства. В 2-ух частях. Ч. 1. /В.О. Штангеев, Л.Г. Белостоцкий и др.; под ред. В.О. Штангеева. К.: "Цукор України", 2003, С. 121-125

14. Апарат для видалення аміаку з конденсатів: пат. 30661 Україна/ Василенко Сергій Михайлович, Петренко Валентин Петрович, Прядко Микола Олексійович, Бурлака Всеволод Іванович, Мельник Віктор Андрійович, Рогоза Олег Борисович: МПК В01D53/18, С02F1/00; заявл. 09.04.1998; опубл. 15.12.2000, Бюл. № 7.

15. Спосіб деамонізації конденсатів сокових парів: пат. 42172 Україна / Ліпець А.А., Малишев В.О., Кудлай Л.А.: МПК (2009) C13D 1/00; заявл. 30.01.2009; опубл. 25.06.2009; Бюл.№ 12
16. Конденсат вторичних сокових паров – екстрагент сахара/ Гусятинська Н.А., Таран В.М., Ліпець А.А., Навроцкий Ю.Б./ Сахарная свекла. Возделывание и пере-работка. Научно-практический журнал. – М., 1989. – №6. – С. 53-55.
17. Исследование процесса десорбции аммиака из конденсатов вторичных паров в колонном аппарате/ Гусятинська Н.А., Таран В.М., Ліпець А.А./ Пищевая промышленность: респ. межв. темат. научн. сборник, 1990. – Вып.36. – С. 45-47.
18. Удаление аммиака из конденсатов вторичных паров и их использование в свеклосахарном производстве/ Гусятинська Н.А., Таран В.М., Ліпець А.А./ Тезисы докладов научн-техн. конференции ”Проблемы экологии и ресурсосбережения “Экоресурс-1” –Черновцы, 1990. – С. 94-95.
19. Відстійник транспортерно-мийної води: пат. 31267 Україна/ Ладановський М.І., Ганенко В.М., Пристрома Є.О.: МПК (2006) C02F 1/52; заявл. 05.02.2008; опубл. 25.0.2008; Бюл.№ 6.
20. Спосіб очищення транспортерно-мийної води бурякоцукрового виробництва: пат. 38799 Україна / Салавор Оксана Мирославівна, Штангеева Надія Іванівна, Клименко Лариса Степанівна, Мількевич Володимир Михайлович, Острейко Євген Олегович, Константинов Олександр Петрович, Лівшиць Леонід Мусійович: МПК C13D3/00,C02F1/66; заявл. 11.10.2000; опубл. 15.05.2001; Бюл. № 4.
21. Спосіб очищення транспортерно-мийної води бурякоцукрового виробництва: пат. 46485 Україна / Салавор Оксана Мирославівна, Гусятинський Микола Володимирович, Клименко Лариса Степанівна, Гусятинська Наталія Альфредівна, Штангеева Надія Іванівна, Ліпець Антон Адамович, Сорокін Анатолій Іванович: МПК C13D3/00,C02F1/66; заявл. 25.07.2001; опубл. 15.05.2002; Бюл № 5.

22. Рациональное использование жомопрессовой воды в качестве экстрагента/ Гусятинська Н.А., Навроцкий Ю.Б., Липец А.А./ Тезисы докладов научн-техн. конферен-ции «Проблемы экологии и ресурсосбережения “Экоресурс-1” – Черновцы, 1990. – С. 104-106.
23. Очищення жомопрессової води методом дефекосагурації і сульфитації/ Гусятинська Н.А., Липец А.А., Козьявкін А.П./ Експрес-новини: наука, техніка виробництво, К.: УкрНТІ. – 1998. – №1-2. – С. 7-8.
24. Оцінювання якісних показників соків, отриманих екстрагуванням і віджиманням стружки/ Липец А.А., Гусятинська Н.А., Гусятинський М.В./ Наукові праці УДУХТ – К.: РВЦ УДУХТ. – 2001. – №10. – С. 23-24.
25. Интенсификация процесса экстрагирования сахара из свекловичной стружки/ Липец А.А., Гусятинська Н.А., Гусятинский Н.В./ Сборник докладов IV Междунар. научн.-практ. конференц. САХАР – 2004. Москва, 15-16 апреля 2004 г. – М.: МГУПП, 2004. – С. 56-61.
26. Очищення жомопрессової води дефекосагураційним осадом/ Липец А.А., Гусятинська Н.А., Гусятинський М.В./ Цукор України. Науково-практичний галузевий журнал. – К. – 2005. – № 4. – С. 23-24.
27. Аналіз способів очищення та повернення жомопрессової води в процесі екстрагування цукрози / Липец А.А., Гусятинська Н.А., / Матеріали наук.-техн. конференції цукровиків України. Київ, 5-7 квітня 2005 р. – К.: НУХТ, 2005. – С. 168-171.
28. Основні напрямки удосконалення технології вилучення цукрози з бурякової стружки/ Липец А.А., Гусятинська Н.А.// Цукор України. – 2005. – № 5. – С. 17-19.
29. Інтенсифікація вилучення цукрози з бурякової стружки дифузійно-пресовим способом/ Гусятинська Н.А., Гусятинський М.В., Липец А.А./ Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітопіль –2005.– Вип. 34. – С.133-139.
30. О микрофлоре жомопрессовой воды при переработке свеклы, пораженной слизистым бактериозом/ Липец А.А., Гусятинська Н.А., Решетняк Л.Р.,

Навроцький Ю.Б./ Известия высших учебных заведений. Пищевая технология 197.-1990

31. Застосування дезінфектантів сучасного покоління для дезінфекції технологічних вод у виробництві цукру/ Наталія Гусятинська, Тетяна Нечипор, Світлана Тетеріна, Людмила Решетняк/ Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції. 2018.

32. Лукіянчук О. Ю., Салавор О. М., Ничик О. В. // Збірник наукових статей “III-го Всеукраїнського з’їзду екологів з міжнародною участю”. – Вінниця, 2011. – Том.2. – С.543–545.

33. Визначення оптимального технологічного режиму процесу екстрагування сахарози з бурякової стружки при переробленні буряків погіршеної якості / Н.А. Гусятинська, С.М. Тетеріна, А.А. Ліпец, В.О. Мірошник // Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – Вінниця, 2006. – Вип.1. – С. 41-44.

34. Деклараційний патент на винахід 17172 України, МПК (2006) C13D1/00. Спосіб екстрагування сахарози з бурякової стружки / А.І. Українець, А.А. Ліпец, Н.А.Гусятинська, Л.М. Хомічак, М.П. Купчик, М.В. Гусятинський – 200603034. Заявл. 21.03.2006; Опубл.15.09.2006. Бюл. №9.

35. Патент на корисну модель 23547 України, МПК (2006) C13D1/00. Спосіб дезінфекції в процесі екстрагування сахарози / М.П.Купчик, Н.А.Гусятинська, М.Ф. Яковчук, С.О. Дітріх, Ю.О. Сидоренко, А.А. Ліпец, Т.М. Чорна – 200701300; Заявл. 08.02.2007; Опубл. 25.05.2007, Бюл. №7.

36. Ліпец А.А., Гусятинська Н.А., Паламарчук Н.І. Математичне моделювання процесу вилучення цукрози із бурякової сировини різних розмірів // Розроблення та виробництво продуктів функціонального харчування, інноваційні технології та конструювання обладнання для перероблення сільгоспсировини, культура харчування населення України: Міжнар. наук.-техн. конференція. Київ, 21-23 жовтня 2003 р., Харчова промисловість, додаток до журналу № 3. – К.: НУХТ. – 2004. – С. 7.

37. Липец А.А., Гусятинская Н.А., Гусятинский Н.В. Интенсификация процесса экстрагирования сахара из свекловичной стружки // САХАР – 2004. Повышение эффективности работы свеклосахарного комплекса: IV Междунар. научн.-практ. конференция. Москва, 15-16 апреля 2004 г. – М.: МГУПП, 2004. – С. 56-61.
38. Гусятинська Н.А., Липец А.А. Аналіз способів очищення та повернення жомопресової води в процесі екстрагування цукрози // Шляхи підвищення ефективності бурякоцукрового виробництва та його науково-технічне забезпечення: Наук.-техн. конференція цукровиків України. Київ, 2005 р. – К.: НУХТ, 2005. – С.168-171.
39. Гусятинський М.В., Липец А.А., Гусятинська Н.А. Інтенсифікація вилучення цукрози з бурякової стружки дифузійно-пресовим способом // Стан і перспективи розвитку переробної галузі АПК: Міжнар. наук.-практ. конференція. Мелітополь, 16-18 червня 2005 р. – Мелітополь: ТДАА, 2005. – С.133-139.
40. Гусятинська Н.А., Купчик М.П., Липец А.А. Ефективні способи під-готовки та очищення води для технологічних цілей цукрової промисловості // Аква-Україна. Екологічні технології 2006: IV Міжнар. Водний Форум. Київ, 19-21 верес. 2006 р. – К., 2006. – С. 346-348.
41. Сорокін, А. І. Шляхи зниження витрат свіжої води та кількості стічних вод в бурякоцукровому виробництві / А. І. Сорокін // Перспективи розвитку цукрової промисловості України : матеріали Міжнародної науково-технічної конференції, 26-27 березня 2018 р. – Київ : – НУХТ, 2018. – С. 81–84.
42. ДСТУ 4462.3.01:2006 Охорона природи. Поводження з відходами. Порядок здійснення операцій
43. ДСТУ 4462.3.02:2006 Охорона природи. Поводження з відходами. Пакування, маркування і захоронення відходів. Правила перевезення відходів. Загальні технічні та організаційні вимоги
44. ДСТУ 7239:2011 ССБП. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація

45. ДСТУ ГОСТ 12.4.041:2006 ССБП. Засоби індивідуального захисту органів дихання фільтруючі. Загальні технічні вимоги (ГОСТ 12.4.041:2001, IDT)
46. ДСТУ EN ISO 13688:2016 (EN ISO 13688:2013, IDT; ISO 13688:2013, IDT)
Одяг захисний. Загальні вимоги
47. ДСТУ EN 467-2003 Одяг захисний. Захист від рідких хімікатів. Вимоги до предметів одягу, що забезпечують захист ділянок тіла (EN 467:1995, IDT)
48. ДНАОП 18.10-1.24-96 Правила охорони праці в цукровому виробництві, затверджені Державним комітетом України по нагляду за охороною праці 06.12.96 р.
49. Державні санітарні норми та правила утримання території населених місць, затверджені наказом МОЗ від 17.03.2011 № 145

Чистота клітинного соку

Дата	Денна зм.	Нічна зм.
04.10.21	88,45	87,69
05.10.21	87,73	89,01
06.10.21	89,1	89,1
07.10.21	87,9	88,18
08.10.21	88,42	88,29
09.10.21	87,12	88,35
10.10.21	88,68	88,08
11.10.21	87,76	87,94
12.10.21	87,95	87,97
13.10.21	87,18	87,27
14.10.21	88,53	87,49
15.10.21	88,67	88,6
16.10.21	89,21	88,49
17.10.21	87,92	87,64
18.10.21	87,87	87,02
19.10.21	87,44	87,55
20.10.21	88,59	88,29
21.10.21	88,35	88,61
22.10.21	87,96	88,03
23.10.21	88,13	88,23
24.10.21	88,55	88,45
25.10.21	88,5	88,54
26.10.21	88,19	88,55
27.10.21	88,97	90,21
28.10.21	87,48	88,37
29.10.21	87,98	88,09
30.10.21	88,21	88,23
31.10.21	88,34	88,14
01.11.21	88,25	88,35
02.11.21	88,83	88,44
03.11.21	89,98	87,25
04.11.21	88,17	88,22
05.11.21	88,56	88,18
06.11.21	89,92	88,53
07.11.21	88,39	86,6
08.11.21	88,13	88,33
09.11.21	88,12	88,15
10.11.21	88,09	88,07
11.11.21	88,12	87,93
12.11.21	88,16	88,19
13.11.21	88,08	88,36
14.11.21	88,57	88,67
15.11.21	88,49	

Чистота дифузійного соку

Дата	Дифузія №1		Дифузія №2	
	денна зм.	нічна зм.	денна зм.	нічна зм.
04.10.21	90,77	89,78	90,21	90,6
05.10.21	89,68	89,81	89,81	89,67
06.10.21	90,29	90,25	90,18	90,07
07.10.21	90,01	90,67	90,19	90,78
08.10.21	90,71	90,27	90,35	90,09
09.10.21	90,89	90,45	90,48	90,35
10.10.21	90,75	90,8	90,7	91,25
11.10.21	90,51	90,63	90,69	90,42
12.10.21	90,47	90,49	90,37	90,34
13.10.21	90,48	90,27	90,55	90,41
14.10.21	90,68	90,36	9,38	90,2
15.10.21	90,57	90,72	90,37	90,48
16.10.21	90,38	90,31	90,57	90,45
17.10.21	90,61	90,47	90,62	90,39
18.10.21	90,37	90,14	90,44	90,03
19.10.21	90,3	90,39	90,15	90,31
20.10.21	90,39	90,18	90,58	90,33
21.10.21	90,44	90,67	90,09	90,51
22.10.21	90,43	90,09	90,37	90,24
23.10.21	90,38	90,35	90,15	90,52
24.10.21	90,45	90,3	90,27	90,45
25.10.21	90,26	90,33	90,03	90,27
26.10.21	90,27	90,21	90,42	90,25
27.10.21	90,36	90,21	90,42	90,25
28.10.21	90,63	90,47	89,82	90,49
29.10.21	90,19	90,27	90,31	90,27
30.10.21	90,34	90,31	90,38	90,45
31.10.21	92,07	90,31	90,52	90,34
01.11.21	90,26	90,33	89,39	90,44
02.11.21	90,71	90,39	91,01	90,57
03.11.21	90,58	90,1	90,93	90,56
04.11.21	90,19	90,69	90,30	90,24
05.11.21	90,67	90,49	90,45	90,55
06.11.21	90,29	90,11	90,86	90,3
07.11.21	90,12	90,28	90,36	90,19
08.11.21	90,35	90,14	90,33	90,18
09.11.21	90,11	90,26	90,18	90,28
10.11.21	90,10	90,46	90,26	90,68
11.11.21	90,37	90,29	90,24	90,1
12.11.21	90,29	90,19	90,38	90,27
13.11.21	90,27	90,29	90,26	90,24
14.11.21	90,22	90,24	90,03	90,09
15.11.21	90,15		90,46	

Визначення оптимальних параметрів ефекту очищення жомопресової води за допомогою дефекосатураційного осаду

Ротатабельний план другого порядку при k=3

	n0:= 6	ORIGIN:= 1		
	i := 1.. N	j := 1.. K		
x :=	$\begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ -1.682 & 0 & 0 \\ 1.682 & 0 & 0 \\ 0 & -1.682 & 0 \\ 0 & 1.682 & 0 \\ 0 & 0 & -1.682 \\ 0 & 0 & 1.682 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$	y :=	$\begin{pmatrix} 7 \\ 22 \\ 11 \\ 12 \\ 5 \\ 24 \\ 11 \\ 29 \\ 5 \\ 15 \\ 13 \\ 9 \\ 6 \\ 30 \\ 25 \\ 25 \\ 24 \\ 25 \\ 25 \\ 24 \end{pmatrix}$	<p>Дані для розрахунку коефіцієнтів регресії</p> <p>a1:= 0.166338</p> <p>a2:= 0.056791</p> <p>a3:= 0.073224</p> <p>a4:= 0.125</p> <p>a5:= 0.0625</p> <p>a6:= 0.006889</p> <p>a7:= 0.056791</p>

Розрахунок коефіцієнтів регресії

$$b0 := a1 \cdot \sum_i y_i - a2 \cdot \left[\sum_i [(x_{i,1})^2 \cdot y_i] + \sum_i [(x_{i,2})^2 \cdot y_i] + \sum_i [(x_{i,3})^2 \cdot y_i] \right]$$

$$b2 := a3 \cdot \sum_i (x_{i,2} \cdot y_i) \quad b3 := a3 \cdot \sum_i (x_{i,3} \cdot y_i)$$

$$b1 = 5.1125 \quad b2 = -0.12653 \quad b3 = 4.20071$$

$$b12 := a4 \cdot \sum_i (x_{i,1} \cdot x_{i,2} \cdot y_i) \quad b13 := a4 \cdot \sum_i (x_{i,1} \cdot x_{i,3} \cdot y_i) \quad b23 := a4 \cdot \sum_i (x_{i,2} \cdot x_{i,3} \cdot y_i)$$

$$q := a6 \cdot \left[\sum_i [(x_{i,1})^2 \cdot y_i] + \sum_i [(x_{i,2})^2 \cdot y_i] + \sum_i [(x_{i,3})^2 \cdot y_i] \right] - a7 \cdot \sum_i y_i$$

$$b11 := a5 \cdot \sum_i [(x_{i,1})^2 \cdot y_i] + q \quad b22 := a5 \cdot \sum_i [(x_{i,2})^2 \cdot y_i] + q \quad b33 := a5 \cdot \sum_i [(x_{i,3})^2 \cdot y_i] + q$$

$$\begin{aligned} b12 &= -1.875 & b13 &= 2.625 & b23 &= 2.125 \\ b11 &= -4.587 & b22 &= -4.23302 & b33 &= -1.75753 \end{aligned}$$

$$yp_i := b0 + b1 \cdot x_{i,1} + b2 \cdot x_{i,2} + b3 \cdot x_{i,3} + b12 \cdot x_{i,1} \cdot x_{i,2} + b13 \cdot x_{i,1} \cdot x_{i,3} + b23 \cdot x_{i,2} \cdot x_{i,3} + b11 \cdot (x_{i,1})^2 + b22 \cdot (x_{i,2})^2$$

$$yp1_i := b0 + b1 \cdot x_{i,1} + b2 \cdot x_{i,2} + b3 \cdot x_{i,3} + b13 \cdot x_{i,1} \cdot x_{i,3} + b22 \cdot (x_{i,2})^2 + b33 \cdot (x_{i,3})^2$$

Розрахунок дисперсій відтворення, остаткової адекватності і критерія Фішера

$$y0s := \frac{\sum_{i=15}^{20} y_i}{n0} \quad \underline{L}_{xx} := 10 \quad y0s = 24.66667$$

$$\delta bid := \frac{\sum_{i=15}^{20} (y_i - y0s)^2}{n0 - 1} \quad fbid := n0 - 1 \quad fbid = 5 \quad \delta bid = 0.266667$$

$$\delta oct := \frac{\sum (y - yp)^2}{N - L} \quad foct := N - L \quad foct = 10 \quad \delta oct = 18.63202$$

$$\delta ad := \frac{foct \cdot \delta oct - fbid \cdot \delta bid}{fad} \quad fad := foct - fbid \quad fad = 5 \quad \delta ad = 36.99737$$

$$Fp := \frac{\delta ad}{\delta bid} \quad Fp = 138.74015 \quad Ft := 5.1$$

$$L1 := 7$$

$$\delta oct1 := \frac{\sum (y - yp1)^2}{N - L1} \quad foct1 := N - L1 \quad foct1 = 13 \quad \delta oct1 = 58.11688$$

$$\delta ad1 := \frac{foct1 \cdot \delta oct1 - fbid \cdot \delta bid}{fad1} \quad fad1 := foct1 - fbid \quad fad1 = 8 \quad \delta ad1 = 94.27326$$

$$Fp1 := \frac{\delta ad1}{\delta bid} \quad Fp1 = 353.52472 \quad Ft = 5.1$$

$yp_i =$	$yp1_i =$
7.683	12.02
16.408	16.995
6.93	11.767
8.155	16.742
6.585	15.171
25.81	30.646
14.331	14.918
26.056	30.393
2.997	15.973
20.195	33.171
12.809	12.809
12.383	12.383
12.534	12.534
26.665	26.665
24.572	24.572
...	...

Перевірка значущості коефіцієнтів рівняння по критерію Ст'юдента

$$\delta_{bid} = 0.266667$$

$$|y_i - y_{p1_i}| =$$

$$t0 := \frac{|b0|}{Sb0} \quad t1 := \frac{|b1|}{Sbj} \quad t2 := \frac{|b2|}{Sbj} \quad t3 := \frac{|b3|}{Sbj}$$

$$t0 = 116.67 \quad t1 = 36.587 \quad t2 = 0.905 \quad t3 = 30.062$$

$$t12 := \frac{|b12|}{Sbuj} \quad t13 := \frac{|b13|}{Sbuj} \quad t23 := \frac{|b23|}{Sbuj}$$

$$t12 = 10.27 \quad t13 = 14.378 \quad t23 = 11.639$$

$$t11 := \frac{|b11|}{Sbjj} \quad t22 := \frac{|b22|}{Sbjj} \quad t33 := \frac{|b33|}{Sbjj}$$

$$t11 = 33.718 \quad t22 = 31.119 \quad t33 = 12.92$$

5.02
5.005
0.767
4.742
10.171
6.646
3.918
1.393
10.973
18.171
0.191
3.383
6.534
3.335
0.428
0.428
0.572
0.428
0.428
0.572

Табличне значення критерія Ст'юдента при $f = 5$ і $\alpha = 0,05$ $t_{st} = 2,57$
незначимим є коефіцієнти $b12, b23, b11$

Преведення рівняння до натуральної форми

$$x1n := 8 \quad x1b := 16 \quad x2n := 64 \quad x2b := 76 \quad x3n := 0.8 \quad x3d := 2.4$$

$$b0 = 24.57199 \quad b1 = 5.1125 \quad b2 = -0.12653 \quad b3 = 4.20071$$

$$b13 = 2.625 \quad b22 = -4.23302 \quad b33 = -1.75753$$

$$y_{p1_i} := b0 + b1 \cdot x_{i,1} + b2 \cdot x_{i,2} + b3 \cdot x_{i,3} + b13 \cdot x_{i,1} \cdot x_{i,3} + b22 \cdot (x_{i,2})^2 + b33 \cdot (x_{i,3})^2$$

$$24.57 + 5.113 \cdot \left[\frac{2 \cdot (x1 - 8)}{16 - 8} - 1 \right] - 0.1265 \cdot \left[\frac{2 \cdot (x2 - 64)}{76 - 64} - 1 \right] + 4.2 \cdot \left[\frac{2 \cdot (x3 - 0.8)}{2.4 - 0.8} - 1 \right] + 2.625 \cdot \left[\frac{2 \cdot (x1 - 8)}{16 - 8} - 1 \right] \cdot \left[\frac{2 \cdot (x3 - 0.8)}{2.4 - 0.8} - 1 \right] - 4.233 \cdot \left[\frac{2 \cdot (x2 - 64)}{76 - 64} - 1 \right]^2 - 1.76 \cdot \left[\frac{2 \cdot (x3 - 0.8)}{2.4 - 0.8} - 1 \right]^2$$

$$16.440 \cdot x2 - 0.034 \cdot x1 + 4.206 \cdot x3 - 0.117 \cdot x2^2 - 2.75 \cdot x3^2 + 0.820 \cdot x1 \cdot x3 - 565.1415$$

$$16.456 \cdot x2 - 0.034 \cdot x1 + 4.206 \cdot x3 - 0.117 \cdot x2^2 - 2.75 \cdot x3^2 + 0.820 \cdot x1 \cdot x3 - 565.685$$

$$f1(x1, x2, x3) := 16.456 \cdot x2 - 0.034 \cdot x1 + 4.206 \cdot x3 - 0.117 \cdot x2^2 - 2.75 \cdot x3^2 + 0.820 \cdot x1 \cdot x3 - 565.685$$

$$f1(4, 64, 2) = 12.103$$

$$f1(20, 64, 2) = 37.799$$

$$F2(x1) := f1(x1, 65, 1)$$

$$F1(x1) := f1(x1, 60, 1)$$

$$F3(x1) := f1(x1, 70, 1)$$

$$F4(x1) := f1(x1, 75, 1)$$

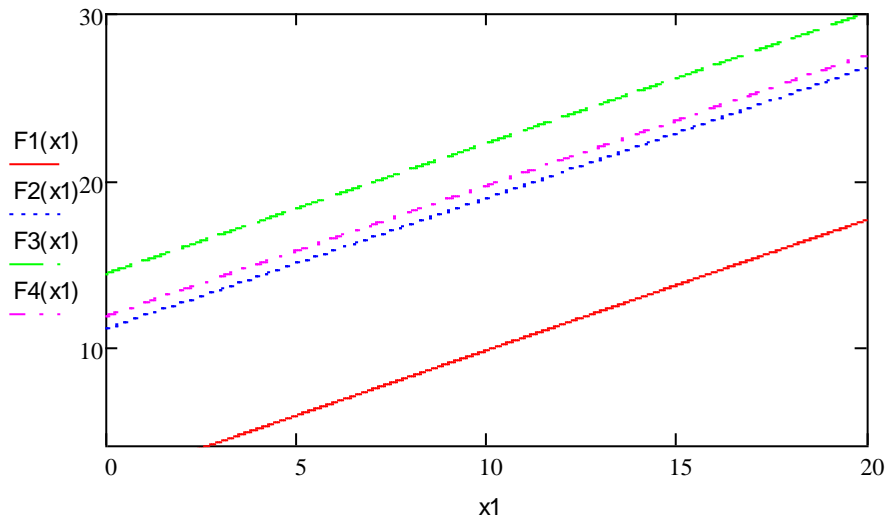


Рис. 1 Залежність ефекту очищення ЖПВ від витрат осаду (% до маси ЖПВ) для температур 60-75°C: за витрат вапна 1% до маси осаду, та відповідно температури $F_1 - 60^\circ\text{C}$, $F_2 - 65^\circ\text{C}$, $F_3 - 70^\circ\text{C}$, $F_4 - 75^\circ\text{C}$.

$$F02(x2) := f1(10, x2, 1)$$

$$F01(x2) := f1(10, x2, 0.5)$$

$$F03(x2) := f1(10, x2, 1.5)$$

$$F04(x2) := f1(10, x2, 2.5)$$

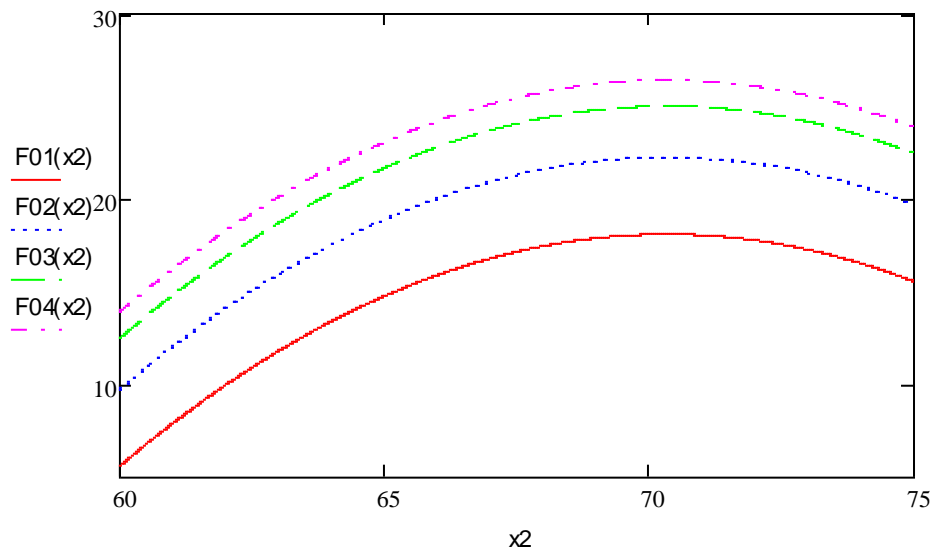


Рис. 2 Залежність ефекту очищення ЖПВ від кількості температури процесу: за витрат осаду 10% до маси ЖПВ, та відповідно витрат вапна, % до маси осаду: $F_1 - 0,5$, $F_2 - 1$, $F_3 - 1,5$, $F_4 - 2,5$.

$$F002(x3) := f1(20, 60, x3)$$

$$F001(x3) := f1(20, 65, x3)$$

$$F003(x3) := f1(20, 70, x3)$$

$$F004(x3) := f1(20, 75, x3)$$

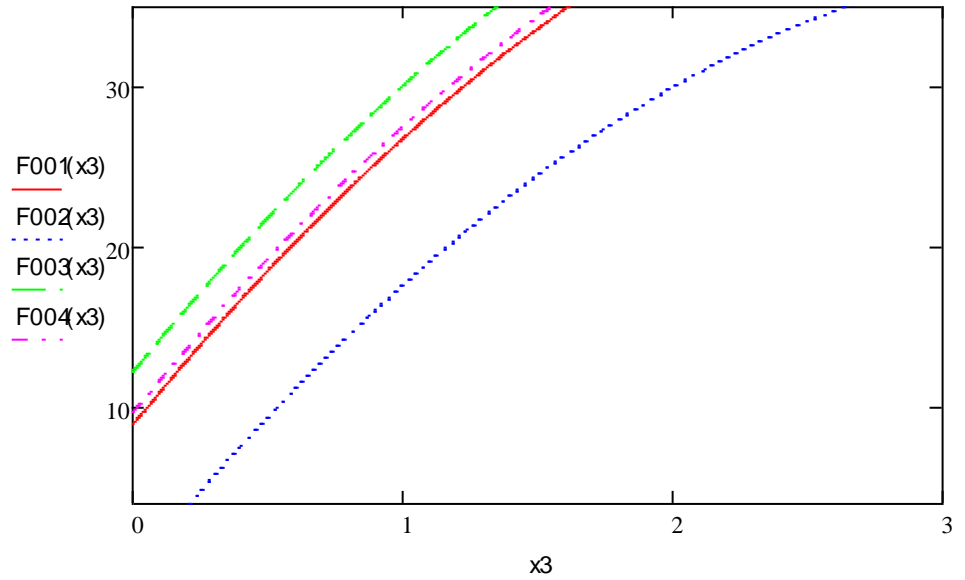


Рис. 3 Залежність ефекту очищення ЖПВ від кількості CaO (% до маси осаду), за витрат осаду 20% та відповідно температур F₁ – 60°C, F₂ – 65°C, F₃ – 70°C, F₄ – 75°C.

Визначення оптимальних параметрів кольоровості жомпресової води за допомогою очищення дефекосатураційним осадом

K := 3 N := 20 n0 := 6 ORIGIN:= 1

Ротатбельний план другого порядку при k=3

	i := 1..N	j := 1..K		
x :=	$\begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ -1.682 & 0 & 0 \\ 1.682 & 0 & 0 \\ 0 & -1.682 & 0 \\ 0 & 1.682 & 0 \\ 0 & 0 & -1.682 \\ 0 & 0 & 1.682 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$	y :=	$\begin{pmatrix} 6320.37 \\ 5651.85 \\ 5367.79 \\ 5376.34 \\ 5914.22 \\ 4919.9 \\ 5821.1 \\ 4642.8 \\ 5186.88 \\ 4489.66 \\ 6436.34 \\ 5778.78 \\ 5417.7 \\ 5726.45 \\ 5280 \\ 5276 \\ 5273 \\ 5279 \\ 5277 \\ 5275 \end{pmatrix}$	<p>Дані для розрахунку коефіцієнтів регресії</p> <p>a1 := 0.166338</p> <p>a2 := 0.056791</p> <p>a3 := 0.073224</p> <p>a4 := 0.125</p> <p>a5 := 0.0625</p> <p>a6 := 0.006889</p> <p>a7 := 0.056791</p>

Розрахунок коефіцієнтів регресії

$$b0 := a1 \cdot \sum_i y_i - a2 \cdot \left[\sum_i [(x_{1,1})^2 \cdot y_i] + \sum_i [(x_{1,2})^2 \cdot y_i] + \sum_i [(x_{1,3})^2 \cdot y_i] \right]$$

$$b1 := a3 \cdot \sum_i (x_{1,1} \cdot y_i)$$

$$b2 := a3 \cdot \sum_i (x_{1,2} \cdot y_i)$$

$$b3 := a3 \cdot \sum_i (x_{1,3} \cdot y_i)$$

b0 = 5275.95034

b1 = -293.28512

b2 = -198.02156

b3 = -65.82929

$$b12 := a4 \cdot \sum_i (x_{1,1} \cdot x_{1,2} \cdot y_i)$$

$$b13 := a4 \cdot \sum_i (x_{1,1} \cdot x_{1,3} \cdot y_i)$$

$$b23 := a4 \cdot \sum_i (x_{1,2} \cdot x_{1,3} \cdot y_i)$$

$$q := a6 \cdot \left[\sum_i [(x_{1,1})^2 \cdot y_i] + \sum_i [(x_{1,2})^2 \cdot y_i] + \sum_i [(x_{1,3})^2 \cdot y_i] \right] - a7 \cdot \sum_i y_i$$

$$b11 := a5 \cdot \sum_i [(x_{1,1})^2 \cdot y_i] + q \quad b22 := a5 \cdot \sum_i [(x_{1,2})^2 \cdot y_i] + q \quad b33 := a5 \cdot \sum_i [(x_{1,3})^2 \cdot y_i] + q$$

$$b12 = 61.63625 \quad b13 = -189.08125 \quad b23 = 107.23375$$

$$b11 = -158.346 \quad b22 = 290.52634 \quad b33 = 101.15716$$

$$yp_i := b0 + b1 \cdot x_{1,1} + b2 \cdot x_{1,2} + b3 \cdot x_{1,3} + b12 \cdot x_{1,1} \cdot x_{1,2} + b13 \cdot x_{1,1} \cdot x_{1,3} + b23 \cdot x_{1,2} \cdot x_{1,3} + b11 \cdot (x_{1,1})^2 + b22 \cdot (x_{1,2})^2$$

$$yp1_i := b0 + b1 \cdot x_{1,1} + b2 \cdot x_{1,2} + b3 \cdot x_{1,3} + b13 \cdot x_{1,1} \cdot x_{1,3} + b22 \cdot (x_{1,2})^2 + b33 \cdot (x_{1,3})^2$$

Розрахунок дисперсій відтворення, остаткової адекватності і критерія Фішера

$$y0s := \frac{\sum_{i=15}^{20} y_i}{n0} \quad y0s = 5276.66667$$

$$L_{AAA} := 10$$

$$yp_i =$$

$$yp1_i =$$

6046.213	6035.689
5714.532	5827.281
5312.429	5639.645
5227.294	5431.238
6078.249	6282.192
4990.244	5317.46
5773.401	5886.149
4931.941	4921.417
5321.275	5769.256
4334.664	4782.645
6430.958	6430.958
5764.813	5764.813
5672.861	5672.861
5451.412	5451.412
5275.95	5275.95
...	...

$$\delta bid := \frac{\sum_{i=15}^{20} (y_i - y0s)^2}{n0 - 1}$$

$$fbid := n0 - 1$$

$$fbid = 5$$

$$\delta bid = 6.666667$$

$$\delta oct := \frac{\sum (y - yp)^2}{N - L}$$

$$foct := N - L$$

$$foct = 10$$

$$\delta oct = 4.05202 \times 10^4$$

$$fad := foct - fbid$$

$$fad = 5$$

$$\delta ad := \frac{foct \cdot \delta oct - fbid \cdot \delta bid}{fad}$$

$$L1 := 7$$

$$\delta oct1 := \frac{\sum (y - yp1)^2}{N - L1}$$

$$foct1 := N - L1$$

$$foct1 = 13$$

$$\delta oct1 = 8.69285 \times 10^4$$

$$fad1 := foct1 - fbid$$

$$fad1 = 8$$

$$\delta ad1 := \frac{foct1 \cdot \delta oct1 - fbid \cdot \delta bid}{fad1}$$

$$\delta ad1 = 141254.63534$$

$$Fp1 := \frac{\delta ad1}{\delta bid}$$

$$Fp1 = 21188.1953$$

$$F_{tAAA} := 5.1$$

Перевірка значущості коефіцієнтів рівняння по критерію Ст'юдента

$$S_{b0} := \sqrt{a1 \cdot \delta bid}$$

$$S_{b0} = 1.053$$

$$S_{bj} := \sqrt{a3 \cdot \delta bid}$$

$$S_{bj} = 0.699$$

$$S_{buj} := \sqrt{a4 \cdot \delta bid}$$

$$S_{buj} = 0.913$$

$$S_{bjj} := \sqrt{(a5 + a6) \cdot \delta bid}$$

$$S_{bjj} = 0.68$$

$$t_0 := \frac{|b_0|}{S_{b0}}$$

$$t_0 = 5010.148$$

$$t_1 := \frac{|b_1|}{S_{bj}}$$

$$t_1 = 419.768$$

$$t_2 := \frac{|b_2|}{S_{bj}}$$

$$t_2 = 283.421$$

$$t_3 := \frac{|b_3|}{S_{bj}}$$

$$t_3 = 94.219$$

$$t_{12} := \frac{|b_{12}|}{S_{buj}}$$

$$t_{12} = 67.519$$

$$t_{13} := \frac{|b_{13}|}{S_{buj}}$$

$$t_{13} = 207.128$$

$$t_{23} := \frac{|b_{23}|}{S_{buj}}$$

$$t_{23} = 117.469$$

$$t_{11} := \frac{|b_{11}|}{S_{bjj}}$$

$$t_{11} = 232.813$$

$$t_{22} := \frac{|b_{22}|}{S_{bjj}}$$

$$t_{22} = 427.155$$

$$t_{33} := \frac{|b_{33}|}{S_{bjj}}$$

$$t_{33} = 148.729$$

$$\delta bid = 6.666667$$

Табличне значення критерія Ст'юдента при $f = 5$ і $\alpha = 0,05$ $t_{\alpha} = 2,57$
незначимим є коефіцієнти b_{12} , b_{23} , b_{11}

Преведення рівняння до натуральної форми

$$x_{1n} := 8$$

$$x_{1b} := 16$$

$$x_{2n} := 64$$

$$x_{2b} := 76$$

$$x_{3n} := 0.8$$

$$x_{3d} := 2.4$$

$$b_0 = 5275.95034$$

$$b_1 = -293.28512$$

$$b_2 = -198.02156$$

$$b_3 = -65.82929$$

$$b_{13} = -189.08125$$

$$b_{22} = 290.52634$$

$$b_{33} = 101.15716$$

$$y_{p1_i} := b_0 + b_1 \cdot x_{1,1} + b_2 \cdot x_{1,2} + b_3 \cdot x_{1,3} + b_{13} \cdot x_{1,1} \cdot x_{1,3} + b_{22} \cdot (x_{1,2})^2 + b_{33} \cdot (x_{1,3})^2$$

$$5275.95 - 293.28 \cdot \left[\frac{2 \cdot (x_1 - 8)}{16 - 8} - 1 \right] - 198.02 \cdot \left[\frac{2 \cdot (x_2 - 64)}{76 - 64} - 1 \right] - 65.83 \cdot \left[\frac{2 \cdot (x_3 - 0.8)}{2.4 - 0.8} - 1 \right] - 189.08 \cdot \left[\frac{2 \cdot (x_1 - 8)}{16 - 8} - 1 \right] \cdot \left[\frac{2 \cdot (x_3 - 0.8)}{2.4 - 0.8} - 1 \right] + 290.53 \cdot \left[\frac{2 \cdot (x_2 - 64)}{76 - 64} - 1 \right]^2 + 101.16 \cdot \left[\frac{2 \cdot (x_3 - 0.8)}{2.4 - 0.8} - 1 \right]^2$$

$$21.22 \cdot x_1 - 1162.842 \cdot x_2 + 120.962 \cdot x_3 + 8.070 \cdot x_2^2 + 158.062 \cdot x_3^2 - 59.087 \cdot x_1 \cdot x_3 + 47412.204$$

$$21.22 \cdot x_1 - 1133.008 \cdot x_2 + 120.962 \cdot x_3 + 8.070 \cdot x_2^2 + 158.062 \cdot x_3^2 - 59.087 \cdot x_1 \cdot x_3 + 45323.871$$

$$f_1(x_1, x_2, x_3) := 21.22 \cdot x_1 - 1133.008 \cdot x_2 + 120.9625 \cdot x_3 + 8.070 \cdot x_2^2 + 158.0625 \cdot x_3^2 - 59.0875 \cdot x_1 \cdot x_3 + 45323.871$$

$$f_1(20, 64, 1) = 5387.754$$

$$f_1(4, 64, 1) = 5993.634$$

$ y_i - y_{p1_i} =$
284.681
175.431
271.855
54.898
367.972
397.56
65.049
278.617
582.376
292.985
5.382
13.967
255.161
275.038
4.05
0.05
2.95
3.05
1.05
0.95

$$F2(x1) := f1(x1, 65, 1)$$

$$F1(x1) := f1(x1, 60, 1)$$

$$F3(x1) := f1(x1, 70, 1)$$

$$F4(x1) := f1(x1, 75, 1)$$

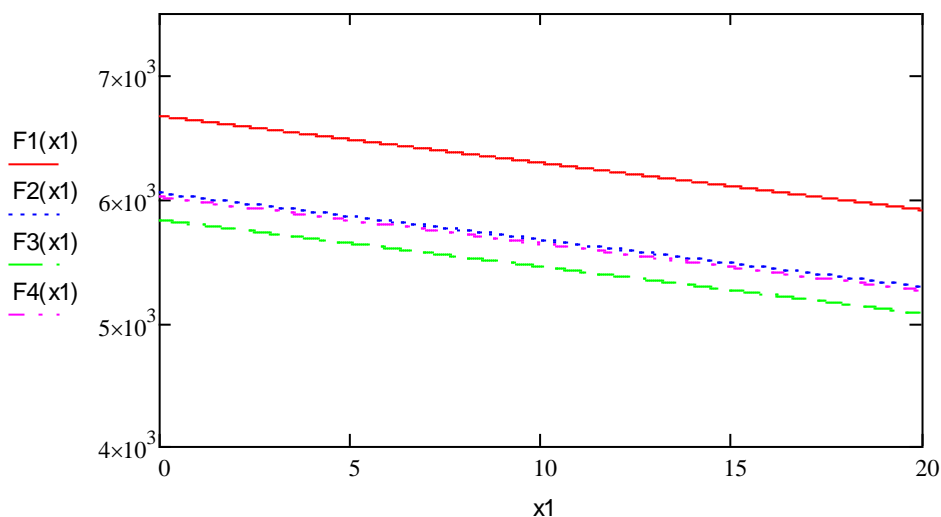


Рис. 1 Залежність кольоровості ЖПВ від витрат осаду за витрат вапна 1% до маси осаду, та відповідно температури: F_1 – 60°C, F_2 – 65°C, F_3 – 70°C, F_4 – 75°C.

$$F02(x2) := f1(10, x2, 1)$$

$$F01(x2) := f1(10, x2, 0.5)$$

$$F03(x2) := f1(10, x2, 1.5)$$

$$F04(x2) := f1(10, x2, 2.5)$$

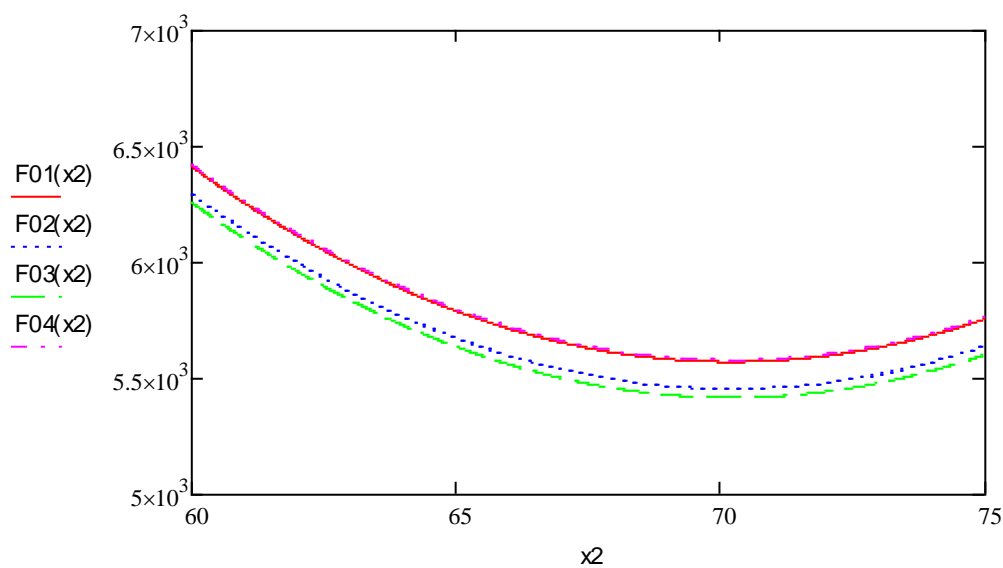


Рис. 2 Залежність кольоровості ЖПВ від температури за витрат осаду 10% до маси води та кількості CaO відповідно: F_1 – 0,5, F_2 – 1, F_3 – 1,5, F_4 – 2,5.

$$F002(x3) := f1(20, 60, x3)$$

$$F001(x3) := f1(20, 65, x3)$$

$$F003(x3) := f1(20, 70, x3)$$

$$F004(x3) := f1(20, 75, x3)$$

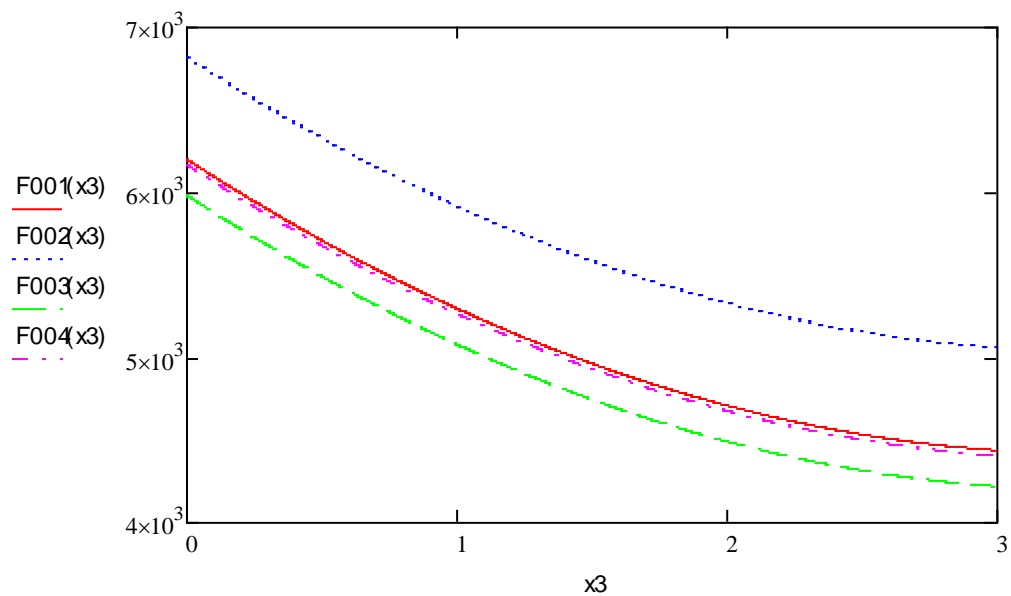


Рис. 3 Залежність кольоровості ЖПВ від кількості СаО за витрат вапна 20% до маси осаду та відповідно температур: F₁ – 60°C, F₂ – 65°C, F₃ – 70°C, F₄ – 75°C.

Визначення оптимальних параметрів рН жомпресової води за допомогою очищення дефекосатураційним осадом

Ротатбельний план другого порядку при k=3

$K := 3$ $N := 20$ $n0 := 6$ $ORIGIN := 1$

$i := 1..N$	$j := 1..K$																																																																				
$x :=$)	<table style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="padding: 5px;">-1</td><td style="padding: 5px;">-1</td><td style="padding: 5px;">-1</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">1</td><td style="padding: 5px;">-1</td><td style="padding: 5px;">-1</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">-1</td><td style="padding: 5px;">1</td><td style="padding: 5px;">-1</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">1</td><td style="padding: 5px;">1</td><td style="padding: 5px;">-1</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">-1</td><td style="padding: 5px;">-1</td><td style="padding: 5px;">1</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">1</td><td style="padding: 5px;">-1</td><td style="padding: 5px;">1</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">-1</td><td style="padding: 5px;">1</td><td style="padding: 5px;">1</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">1</td><td style="padding: 5px;">1</td><td style="padding: 5px;">1</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">-1.682</td><td style="padding: 5px;">0</td><td style="padding: 5px;">0</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">1.682</td><td style="padding: 5px;">0</td><td style="padding: 5px;">0</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">0</td><td style="padding: 5px;">-1.682</td><td style="padding: 5px;">0</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">0</td><td style="padding: 5px;">1.682</td><td style="padding: 5px;">0</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">0</td><td style="padding: 5px;">0</td><td style="padding: 5px;">-1.682</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">0</td><td style="padding: 5px;">0</td><td style="padding: 5px;">1.682</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">0</td><td style="padding: 5px;">0</td><td style="padding: 5px;">0</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">0</td><td style="padding: 5px;">0</td><td style="padding: 5px;">0</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">0</td><td style="padding: 5px;">0</td><td style="padding: 5px;">0</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">0</td><td style="padding: 5px;">0</td><td style="padding: 5px;">0</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">0</td><td style="padding: 5px;">0</td><td style="padding: 5px;">0</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">0</td><td style="padding: 5px;">0</td><td style="padding: 5px;">0</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">0</td><td style="padding: 5px;">0</td><td style="padding: 5px;">0</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">0</td><td style="padding: 5px;">0</td><td style="padding: 5px;">0</td></tr> </table>	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	1	-1	1	1	1	1	1	-1.682	0	0	1.682	0	0	0	-1.682	0	0	1.682	0	0	0	-1.682	0	0	1.682	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0)
-1	-1	-1																																																																			
1	-1	-1																																																																			
-1	1	-1																																																																			
1	1	-1																																																																			
-1	-1	1																																																																			
1	-1	1																																																																			
-1	1	1																																																																			
1	1	1																																																																			
-1.682	0	0																																																																			
1.682	0	0																																																																			
0	-1.682	0																																																																			
0	1.682	0																																																																			
0	0	-1.682																																																																			
0	0	1.682																																																																			
0	0	0																																																																			
0	0	0																																																																			
0	0	0																																																																			
0	0	0																																																																			
0	0	0																																																																			
0	0	0																																																																			
0	0	0																																																																			
0	0	0																																																																			
	$y :=$)	<table style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="padding: 5px;">10.5</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">11.7</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">10.6</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">11.53</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">11.71</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">12.2</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">11.71</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">12.21</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">11.97</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">12.24</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">11.76</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">11.73</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">11.52</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">12.27</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">12.0</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">11.9</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">12.08</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">12.07</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">12.08</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">12.1</td></tr> </table>	10.5	11.7	10.6	11.53	11.71	12.2	11.71	12.21	11.97	12.24	11.76	11.73	11.52	12.27	12.0	11.9	12.08	12.07	12.08	12.1																																														
10.5																																																																					
11.7																																																																					
10.6																																																																					
11.53																																																																					
11.71																																																																					
12.2																																																																					
11.71																																																																					
12.21																																																																					
11.97																																																																					
12.24																																																																					
11.76																																																																					
11.73																																																																					
11.52																																																																					
12.27																																																																					
12.0																																																																					
11.9																																																																					
12.08																																																																					
12.07																																																																					
12.08																																																																					
12.1																																																																					
			<p>Дані для розрахунку коефіцієнтів регресії</p> <p>$a1 := 0.166338$</p> <p>$a2 := 0.056791$</p> <p>$a3 := 0.073224$</p> <p>$a4 := 0.125$</p> <p>$a5 := 0.0625$</p> <p>$a6 := 0.006889$</p> <p>$a7 := 0.056791$</p>																																																																		

Розрахунок коефіцієнтів регресії

$$b0 := a1 \cdot \sum_i y_i - a2 \cdot \left[\sum_i [(x_{1,1})^2 \cdot y_i] + \sum_i [(x_{1,2})^2 \cdot y_i] + \sum_i [(x_{1,3})^2 \cdot y_i] \right]$$

$$b1 := a3 \cdot \sum_i (x_{1,1} \cdot y_i) \quad b2 := a3 \cdot \sum_i (x_{1,2} \cdot y_i) \quad b3 := a3 \cdot \sum_i (x_{1,3} \cdot y_i)$$

$$b1 = 0.26171$$

$$b2 = -0.00809$$

$$b3 = 0.34866$$

$$b12 := a4 \cdot \sum_i (x_{1,1} \cdot x_{1,2} \cdot y_i) \quad b13 := a4 \cdot \sum_i (x_{1,1} \cdot x_{1,3} \cdot y_i) \quad b23 := a4 \cdot \sum_i (x_{1,2} \cdot x_{1,3} \cdot y_i)$$

$$q := a6 \cdot \left[\sum_i [(x_{1,1})^2 \cdot y_i] + \sum_i [(x_{1,2})^2 \cdot y_i] + \sum_i [(x_{1,3})^2 \cdot y_i] \right] - a7 \cdot \sum_i y_i$$

$$b11 := a5 \cdot \sum_i [(x_{1,1})^2 \cdot y_i] + q \quad b22 := a5 \cdot \sum_i [(x_{1,2})^2 \cdot y_i] + q \quad b33 := a5 \cdot \sum_i [(x_{1,3})^2 \cdot y_i] + q$$

$$b12 = -0.0325 \quad b13 = -0.1425 \quad b23 = 0.01$$

$$b11 = -0.057 \quad b22 = -0.18435 \quad b33 = -0.13131$$

$$yp_i := b0 + b1 \cdot x_{1,1} + b2 \cdot x_{1,2} + b3 \cdot x_{1,3} + b12 \cdot x_{1,1} \cdot x_{1,2} + b13 \cdot x_{1,1} \cdot x_{1,3} + b23 \cdot x_{1,2} \cdot x_{1,3} + b11 \cdot (x_{1,1})^2 + b22 \cdot (x_{1,2})^2$$

$$yp1_i := b0 + b1 \cdot x_{1,1} + b2 \cdot x_{1,2} + b3 \cdot x_{1,3} + b13 \cdot x_{1,1} \cdot x_{1,3} + b22 \cdot (x_{1,2})^2 + b33 \cdot (x_{1,3})^2$$

Розрахунок дисперсій відтворення, остаткової, адекватності і критерія Фішера

$$y0s := \frac{\sum_{i=15}^{20} y_i}{n0}$$

$$y0s = 12.03833$$

$$L := 10$$

$$\delta bid := \frac{\sum_{i=15}^{20} (y_i - y0s)^2}{n0 - 1}$$

$$fbid := n0 - 1 \quad fbid = 5$$

$$\delta bid = 0.005777$$

$$\delta oct := \frac{\sum (y - yp)^2}{N - L}$$

$$foct := N - L \quad foct = 10$$

$$\delta oct = 0.09891$$

$$\delta ad := \frac{foct \cdot \delta oct - fbid \cdot \delta bid}{fad}$$

$$fad := foct - fbid \quad fad = 5$$

$$\delta ad = 0.19204$$

$$Fp := \frac{\delta ad}{\delta bid}$$

$$Fp = 33.24428$$

$$Ft := 5.1$$

$$L1 := 7$$

$$\delta oct1 := \frac{\sum (y - yp1)^2}{N - L1}$$

$$foct1 := N - L1 \quad foct1 = 13$$

$$\delta oct1 = 0.08287$$

$$\delta ad1 := \frac{foct1 \cdot \delta oct1 - fbid \cdot \delta bid}{fad1}$$

$$fad1 := foct1 - fbid \quad fad1 = 8$$

$$\delta ad1 = 0.13105$$

$$Fp1 := \frac{\delta ad1}{\delta bid}$$

$$Fp1 = 22.68547$$

$$Ft := 5.1$$

$$yp_i =$$

10.908
11.781
10.937
11.68
11.87
12.174
11.939
12.113
11.446
12.327
11.54
11.513
11.09
12.263
12.048
...

$$yp1_i =$$

10.988
11.796
10.971
11.78
11.97
12.208
11.954
12.192
11.608
12.488
11.54
11.513
11.09
12.263
12.048
...

Перевірка значущості коефіцієнтів рівняння по критерію Ст'юдента

$S_{b0} := \sqrt{a1 \cdot \delta_{bid}}$	$S_{bj} := \sqrt{a3 \cdot \delta_{bid}}$	$S_{buj} := \sqrt{a4 \cdot \delta_{bid}}$	$S_{bjj} := \sqrt{(a5 + a6) \cdot \delta_{bid}}$	$ y_i - y_{p1_i} $
$S_{b0} = 0.031$	$S_{bj} = 0.021$	$S_{buj} = 0.027$	$S_{bjj} = 0.02$	0.488
$t_0 := \frac{ b_0 }{S_{b0}}$	$t_1 := \frac{ b_1 }{S_{bj}}$	$t_2 := \frac{ b_2 }{S_{bj}}$	$t_3 := \frac{ b_3 }{S_{bj}}$	0.096
$t_0 = 388.67$	$t_1 = 12.725$	$t_2 = 0.393$	$t_3 = 16.952$	0.371
				0.25
				0.26
				0.008
$t_{12} := \frac{ b_{12} }{S_{buj}}$	$t_{13} := \frac{ b_{13} }{S_{buj}}$	$t_{23} := \frac{ b_{23} }{S_{buj}}$		0.244
$t_{12} = 1.209$	$t_{13} = 5.303$	$t_{23} = 0.372$		0.018
				0.362
				0.248
				0.22
$t_{11} := \frac{ b_{11} }{S_{bjj}}$	$t_{22} := \frac{ b_{22} }{S_{bjj}}$	$t_{33} := \frac{ b_{33} }{S_{bjj}}$		0.217
$t_{11} = 2.849$	$t_{22} = 9.208$	$t_{33} = 6.559$		0.43
				0.007
				0.048
				0.148
				0.032
				0.022
				0.032
				0.052

Табличне значення критерія Ст'юдента при $f = 5$ і $\alpha = 0,05$ $t_{st} = 2,57$
 незначимим є коефіцієнти b_{12} , b_{23} , b_{11}

Переведення рівняння до натуральної форми

$$x_{1b} := 16 \quad x_{2n} := 64 \quad x_{2b} := 76 \quad x_{3n} := 2.4 \quad x_{3d} := 0.8$$

$$b_0 = 12.04802$$

$$b_1 = 0.26171$$

$$b_2 = -0.00809$$

$$b_3 = 0.34866$$

$$b_{13} = -0.1425$$

$$b_{22} = -0.18435$$

$$b_{33} = -0.13131$$

$$y_{p1_i} := b_0 + b_1 \cdot x_{1,1} + b_2 \cdot x_{1,2} + b_3 \cdot x_{1,3} + b_{13} \cdot x_{1,1} \cdot x_{1,3} + b_{22} \cdot (x_{1,2})^2 + b_{33} \cdot (x_{1,3})^2$$

$$12.048 + 0.2617 \cdot \left[\frac{2 \cdot (x_1 - 0.8)}{16 - 8} - 1 \right] - 0.0081 \cdot \left[\frac{2 \cdot (x_2 - 64)}{76 - 64} - 1 \right] + 0.349 \cdot \left[\frac{2 \cdot (x_3 - 0.8)}{2.4 - 0.8} - 1 \right] - 0.143 \cdot \left[\frac{2 \cdot (x_1 - 8)}{16 - 8} - 1 \right] \cdot \left[\frac{2 \cdot (x_3 - 0.8)}{2.4 - 0.8} - 1 \right] - 0.1845 \cdot \left[\frac{2 \cdot (x_2 - 64)}{76 - 64} - 1 \right]^2 - 0.13 \cdot \left[\frac{2 \cdot (x_3 - 0.8)}{2.4 - 0.8} - 1 \right]^2$$

$$0.136925 \cdot x_1 + 0.704 \cdot x_2 + 1.6225 \cdot x_3 - 0.005125 \cdot x_2^2 - 0.203125 \cdot x_3^2 - 0.0446875 \cdot x_1 \cdot x_3 - 14.50954$$

$$0.136925 \cdot x_1 + 0.704 \cdot x_2 + 1.6225 \cdot x_3 - 0.005125 \cdot x_2^2 - 0.203125 \cdot x_3^2 - 0.0446875 \cdot x_1 \cdot x_3 - 14.50954$$

$$f1(x1, x2, x3) := 0.136925 \cdot x1 + 0.704 \cdot x2 + 1.6225 \cdot x3 - 0.005125 \cdot x2^2 - 0.203125 \cdot x3^2 - 0.0446875 \cdot x1 \cdot x3 - 14.50954$$

$$f1(20, 64, 1) = 12.81859$$

$$f1(4, 64, 1) = 11.34278$$

$$F2(x1) := f1(x1, 65, 1)$$

$$F1(x1) := f1(x1, 60, 1)$$

$$F3(x1) := f1(x1, 70, 1)$$

$$F4(x1) := f1(x1, 75, 1)$$

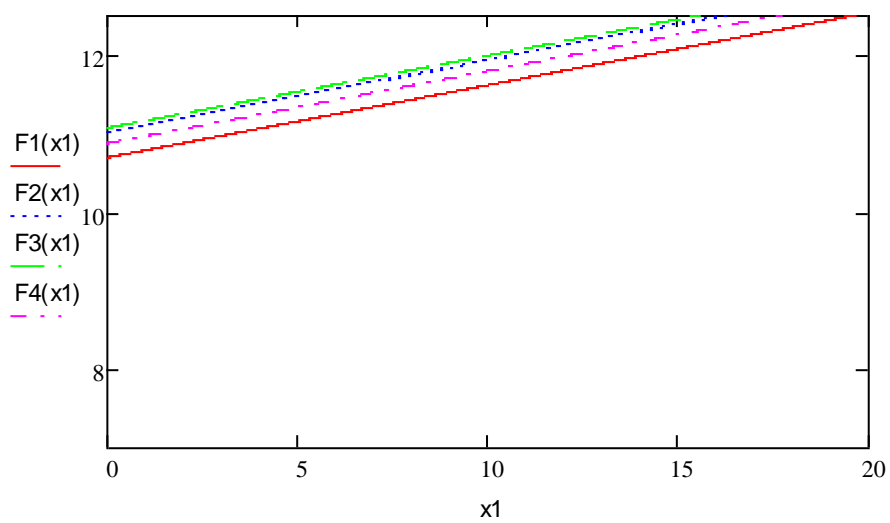


Рис. 1 Залежність рН жомпресової води від кількості осадку за витрат осадку 1% та відповідно температур: F₁ – 60°C, F₂ – 65°C, F₃ – 70°C, F₄ – 75°C.

$$F02(x2) := f1(10, x2, 1)$$

$$F01(x2) := f1(10, x2, 0.5)$$

$$F03(x2) := f1(10, x2, 1.5)$$

$$F04(x2) := f1(10, x2, 2.5)$$

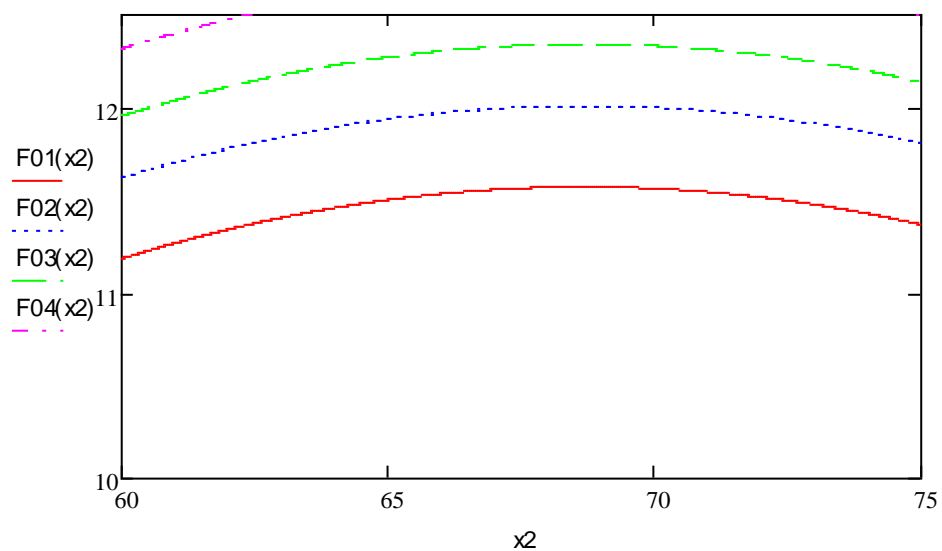


Рис. 2 Залежність рН ЖПВ від температури процесу за кількості осаду 10 % та витрат СаО: F₁ – 0,5; F₂ – 1,5; F₃ – 2,1; F₄ – 2,5.

$$F002(x3) := f1(20, 60, x3)$$

$$F001(x3) := f1(20, 65, x3)$$

$$F003(x3) := f1(20, 70, x3)$$

$$F004(x3) := f1(20, 75, x3)$$

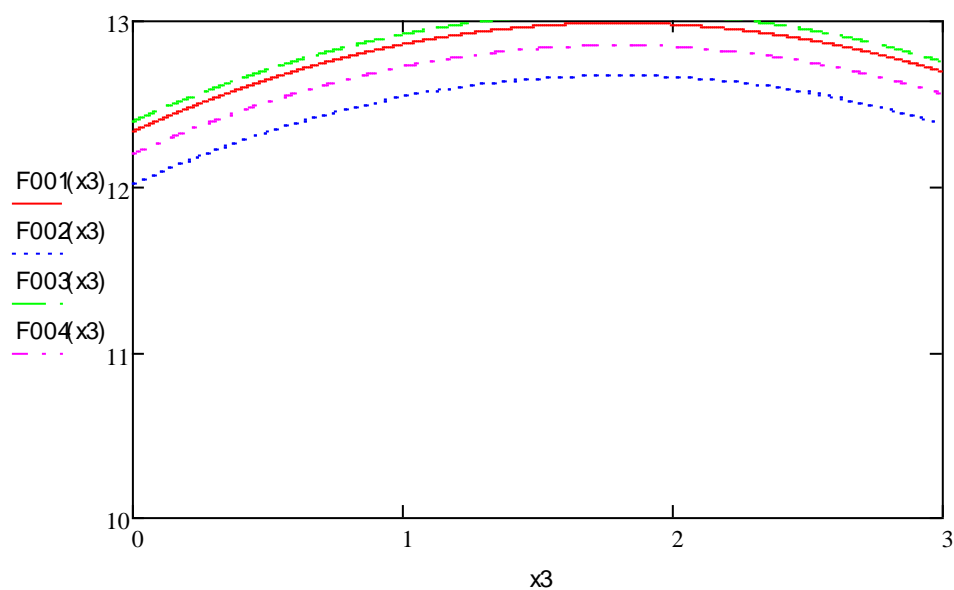


Рис. 3 Залежність рН ЖПВ від кількості СаО за витрат вапна 20% до маси та відповідно температур: F₁ – 60°C, F₂ – 65°C, F₃ – 70°C, F₄ – 75°C.

**Визначення оптимальних параметрів освітлення транспортерно-мийної
води при використанні флокулянту «Магнофлок LT 27»
за температури 3-7°C**

1. Теоретична частина

2. Постановка задачі оптимізації:

3. Розроблення математичної моделі

Залежність швидкості осадження транспортерно-мийної води від витрат
флокулянту та тривалості процесу освітлення

$$N := 19$$

$$i := 0..N$$

$$C := (0 \ 0.5 \ 1.0 \ 1.5 \ 0 \ 0.5 \ 1.0 \ 1.5 \ 0 \ 0.5 \ 1.0 \ 1.5 \ 0 \ 0.5 \ 1.0 \ 1.5 \ 0 \ 0.5 \ 1.0 \ 1.5)^T$$

$$\tau := (2 \ 2 \ 2 \ 2 \ 5 \ 5 \ 5 \ 5 \ 10 \ 10 \ 10 \ 10 \ 15 \ 15 \ 15 \ 15 \ 25 \ 25 \ 25 \ 25)^T$$

$$G := (4.3 \ 9.8 \ 11.6 \ 13.5 \ 6.4 \ 40.1 \ 42.1 \ 42.2 \ 34.2 \ 50.1 \ 50.6 \ 57.9 \ 62.6 \ 63.1 \ 64.3 \ 68.5 \ 92.7 \ 95.1 \ 95.3 \ 95.6)^T$$

$$A := \begin{bmatrix} N+1 & \sum C & \sum \tau & \sum_i (C_i \cdot \tau_i) & \sum C^2 & \sum \tau^2 \\ \sum C & \sum C^2 & \sum_i (C_i \cdot \tau_i) & \sum_i [(C_i)^2 \cdot \tau_i] & \sum C^3 & \sum_i [C_i \cdot (\tau_i)^2] \\ \sum \tau & \sum_i (C_i \cdot \tau_i) & \sum \tau^2 & \sum_i [C_i \cdot (\tau_i)^2] & \sum_i [(C_i)^2 \cdot \tau_i] & \sum \tau^3 \\ \sum_i (C_i \cdot \tau_i) & \sum_i [(C_i)^2 \cdot \tau_i] & \sum_i [C_i \cdot (\tau_i)^2] & \sum_i [(C_i)^2 \cdot (\tau_i)^2] & \sum_i [(C_i)^3 \cdot \tau_i] & \sum_i [C_i \cdot (\tau_i)^3] \\ \sum C^2 & \sum C^3 & \sum_i [(C_i)^2 \cdot \tau_i] & \sum_i [(C_i)^3 \cdot \tau_i] & \sum C^4 & \sum_i [(C_i)^2 \cdot (\tau_i)^2] \\ \sum \tau^2 & \sum_i [C_i \cdot (\tau_i)^2] & \sum \tau^3 & \sum_i [C_i \cdot (\tau_i)^3] & \sum_i [(C_i)^2 \cdot (\tau_i)^2] & \sum \tau^4 \end{bmatrix}$$

$$a := A^{-1} \cdot C1$$

$$F1(x1, x2) := a_0 + a_1 \cdot x1 + a_2 \cdot x2 + a_3 \cdot x1 \cdot x2 + a_4 \cdot x1^2 + a_5 \cdot x2^2$$

$$SKP1 := \sqrt{\sum_{i=0}^N \frac{(G_i - F1(C_i, \tau_i))^2}{N}} \quad SKP1 = 6.043$$

$$C1 := \begin{bmatrix} \sum G \\ \sum (G_i \cdot C_i) \\ \sum (G_i \cdot \tau_i) \\ \sum (G_i \cdot C_i \cdot \tau_i) \\ \sum [G_i \cdot (C_i)^2] \\ \sum [G_i \cdot (\tau_i)^2] \end{bmatrix}$$

$$a = \begin{pmatrix} -10.74322 \\ 28.93597 \\ 5.53984 \\ -0.5393 \\ -8.84 \\ -0.0601 \end{pmatrix}$$

$$f01(x) := F1(0, x) \quad f03(x) := F1(0.2, x)$$

$$f02(x) := F1(0.4, x) \quad f04(x) := F1(1.2, x)$$

$$j := 0..4 \quad \tau1_j := \tau_{0+4j}$$

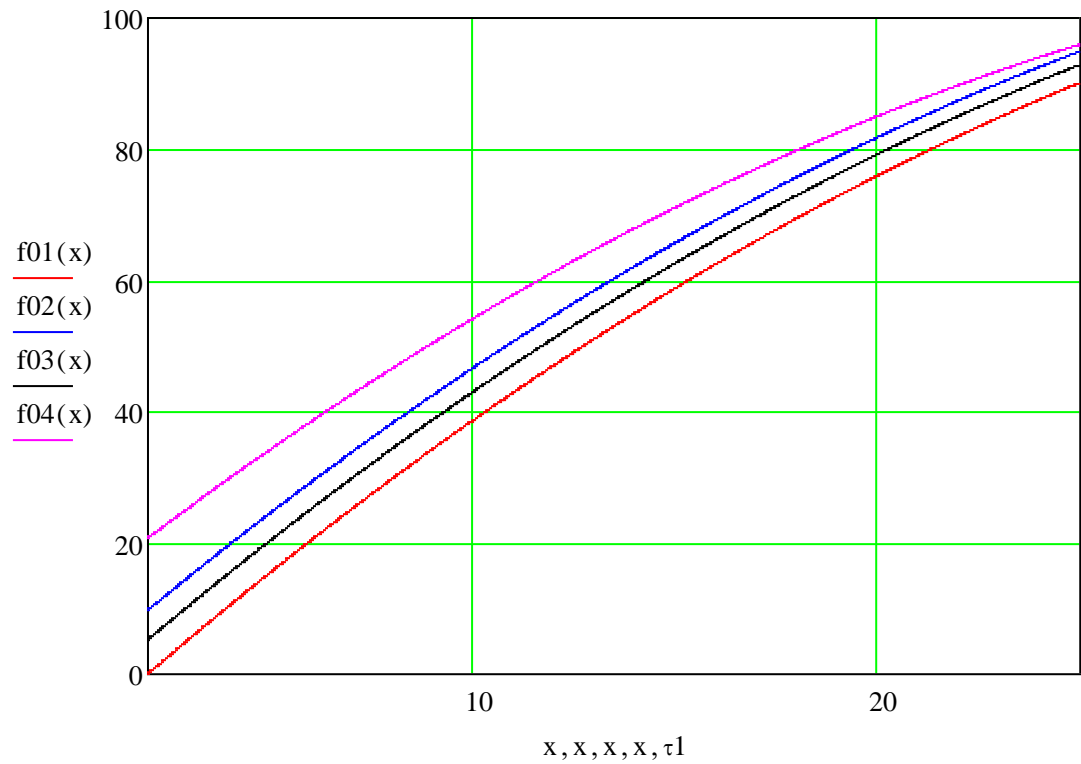


Рис. 1. Залежність швидкості осадження від тривалості при витратах флокулянту на освітлення 0; 0,2; 0,4; 1,2 % до м.б.

$$f01(x) := F1(x, 2)$$

$$f03(x) := F1(x, 5)$$

$$f02(x) := F1(x, 10)$$

$$f04(x) := F1(x, 20)$$

$$j := 0..4$$

$$\tau1_j := \tau_{0+4j}$$

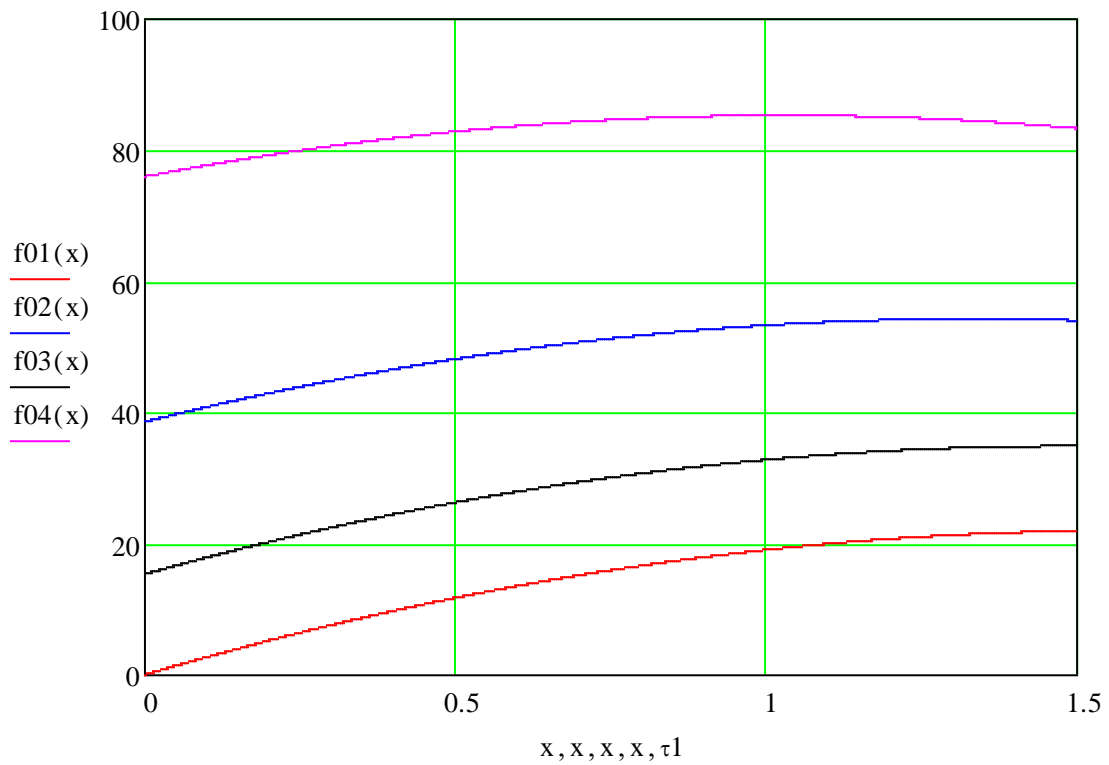


Рис. 2. Залежність швидкості осадження від витрат флокулянту за тривалості процесу 2, 5, 10, 20 хв

4. Визначення оптимальних параметрів процесу

Програма переведення натуральних значень локальних критеріїв оптимальності в безрозмірну форму методом Харрінгтона

```

HAR(FN, D, fn, z) := FP ← -ln(-ln(D))
if z = 1
  if fn < FN0
    fb ← D0
    break
  if fn > FN5
    fb ← D5
    break
  for i ∈ 0, 1..5
    if fn = FNi
      fb ← Di
      break
    if fn < FNi+1
      fp ← FPi +  $\frac{(fn - FN_i) \cdot (FP_{i+1} - FP_i)}{FN_{i+1} - FN_i}$ 
      fb ← e-e-fp
      break
  otherwise
    if fn > FN0
      fb ← D0
      break
    if fn < FN5
      fb ← D5
      break
    for i ∈ 0, 1..5
      if fn = FNi
        fb ← Di
        break
      if fn > FNi+1
        fp ← FPi +  $\frac{(fn - FN_i) \cdot (FP_{i+1} - FP_i)}{FN_{i+1} - FN_i}$ 
        fb ← e-e-fp
        break
fb

```

Інтервали бажаності:

$$IBG := (5 \ 15 \ 43 \ 60 \ 77 \ 95.6)^T$$

$$IBC := (2 \ 1.6 \ 1.5 \ 1 \ 0.5 \ 0.2)^T$$

$$IB\tau := (30 \ 20 \ 17 \ 15 \ 14 \ 12)^T$$

$$D := (0.01 \ 0.2 \ 0.37 \ 0.63 \ 0.8 \ 0.99)^T$$

$$a1 := 0.02 \quad b1 := 1.5 \quad a2 := 2$$

$$b2 := 25 \quad mn := 40 \quad i1 := 0..mn \quad j1 := 0..mn$$

$$h1 := \frac{b1 - a1}{mn} \quad h2 := \frac{b2 - a2}{mn}$$

$$p1_{i1} := a1 + h1 \cdot i1 \quad p2_{j1} := a2 + h2 \cdot j1$$

$$Y1_{i1,j1} := F1(p1_{i1}, p2_{j1})$$

$$ff2_{i1,j1} := HAR(IBC, D, p1_{i1}, 0)$$

$$ff1_{i1,j1} := HAR(IBG, D, Y1_{i1,j1}, 1)$$

$$ff3_{i1,j1} := HAR(IB\tau, D, p2_{j1}, 0)$$

$$Ff_{i1,j1} := (ff1_{i1,j1})^{0.7} \cdot (ff2_{i1,j1})^{0.2} \cdot (ff3_{i1,j1})^{0.1}$$

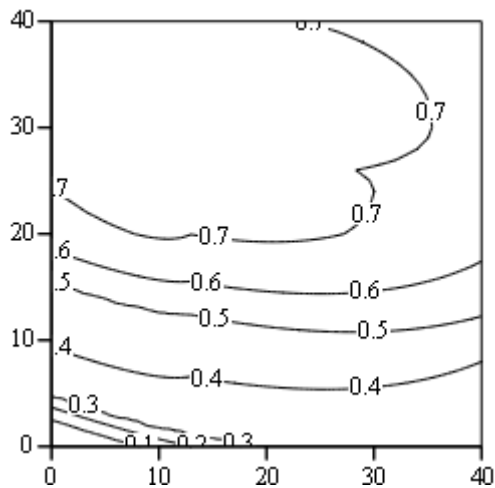


Рис. 3. Лінії рівня узагальненого критерію оптимальності в координатах витрат флокулянту на освітлення транспортно-мийної води

```

OPT2(F, n, a1, a2, h1, h2) :=
  MA ← F0,0
  im ← 0
  jm ← 0
  for il ∈ 0..n-1
    for j1 ∈ 0..n-1
      if Fil,j1 > MA
        MA ← Fil,j1
        im ← il
        jm ← j1
  x1m ← a1 + h1 · (im)
  x2m ← a2 + h2 · (jm)
  z0 ← MA
  z1 ← x1m
  z2 ← x2m
  z

```

Програма знаходження
максимального значення
критерія оптимальності з
двовимірного масиву

$$\text{OPT2}(F_f, N, a_1, a_2, h_1, h_2) = \begin{pmatrix} 0.678 \\ 0.686 \\ 12.35 \end{pmatrix}$$

Висновок:

Оптимальними параметрами ефекту очищення, при максимальному значенні узагальненого критерію $F(x) = 0,678$, витрати флокулянту 0,686 % до м.б. і швидкість осадження 12,35 хвилин.

**Визначення оптимальних параметрів освітлення транспортерно-мийної
води при використанні флокулянту «Магнофлок LT 27»
за температури 8-13°C**

1. Теоретична частина

2. Постановка задачі оптимізації:

3. Розроблення математичної моделі

Залежність швидкості осадження транспортерно-мийної води від витрат
флокулянту та тривалості процесу освітлення

$$N := 19$$

$$i := 0..N$$

$$C := (0 \ 0.5 \ 1.0 \ 1.5 \ 0 \ 0.5 \ 1.0 \ 1.5 \ 0 \ 0.5 \ 1.0 \ 1.5 \ 0 \ 0.5 \ 1.0 \ 1.5 \ 0 \ 0.5 \ 1.0 \ 1.5)^T$$

$$\tau := (2 \ 2 \ 2 \ 2 \ 5 \ 5 \ 5 \ 5 \ 10 \ 10 \ 10 \ 10 \ 15 \ 15 \ 15 \ 15 \ 25 \ 25 \ 25 \ 25)^T$$

$$G := (4.4 \ 6.6 \ 47.8 \ 71.9 \ 93.4 \ 7.8 \ 19.6 \ 40.4 \ 54.3 \ 93.5 \ 12.7 \ 37.5 \ 48.3 \ 64.8 \ 95.3 \ 15.5 \ 42.9 \ 56.6 \ 70.8 \ 95.6)^T$$

$$A := \begin{bmatrix} N+1 & \sum C & \sum \tau & \sum (C_i \cdot \tau_i) & \sum C^2 & \sum \tau^2 \\ \sum C & \sum C^2 & \sum (C_i \cdot \tau_i) & \sum [(C_i)^2 \cdot \tau_i] & \sum C^3 & \sum [C_i \cdot (\tau_i)^2] \\ \sum \tau & \sum (C_i \cdot \tau_i) & \sum \tau^2 & \sum [C_i \cdot (\tau_i)^2] & \sum [(C_i)^2 \cdot \tau_i] & \sum \tau^3 \\ \sum (C_i \cdot \tau_i) & \sum [(C_i)^2 \cdot \tau_i] & \sum [C_i \cdot (\tau_i)^2] & \sum [(C_i)^2 \cdot (\tau_i)^2] & \sum [(C_i)^3 \cdot \tau_i] & \sum [C_i \cdot (\tau_i)^3] \\ \sum C^2 & \sum C^3 & \sum [(C_i)^2 \cdot \tau_i] & \sum [(C_i)^3 \cdot \tau_i] & \sum C^4 & \sum [(C_i)^2 \cdot (\tau_i)^2] \\ \sum \tau^2 & \sum [C_i \cdot (\tau_i)^2] & \sum \tau^3 & \sum [C_i \cdot (\tau_i)^3] & \sum [(C_i)^2 \cdot (\tau_i)^2] & \sum \tau^4 \end{bmatrix}$$

$$a := A^{-1} \cdot C1$$

$$F1(x1, x2) := a_0 + a_1 \cdot x1 + a_2 \cdot x2 + a_3 \cdot x1 \cdot x2 + a_4 \cdot x1^2 + a_5 \cdot x2^2$$

$$SKP1 := \sqrt{\sum_{i=0}^N \frac{(G_i - F1(C_i, \tau_i))^2}{N}} \quad SKP1 = 28.684$$

$$C1 := \begin{pmatrix} \sum G \\ \sum (G_i \cdot C_i) \\ \sum (G_i \cdot \tau_i) \\ \sum (G_i \cdot C_i \cdot \tau_i) \\ \sum [G_i \cdot (C_i)^2] \\ \sum [G_i \cdot (\tau_i)^2] \end{pmatrix}$$

$$f01(x) := F1(0, x) \quad f03(x) := F1(0.2, x)$$

$$f02(x) := F1(0.4, x) \quad f04(x) := F1(1.2, x)$$

$$j := 0..4 \quad \tau1_j := \tau_{0+4j}$$

$$a = \begin{pmatrix} 32.68189 \\ -12.28953 \\ 1.99737 \\ 0.56733 \\ 5.74 \\ -0.03638 \end{pmatrix}$$

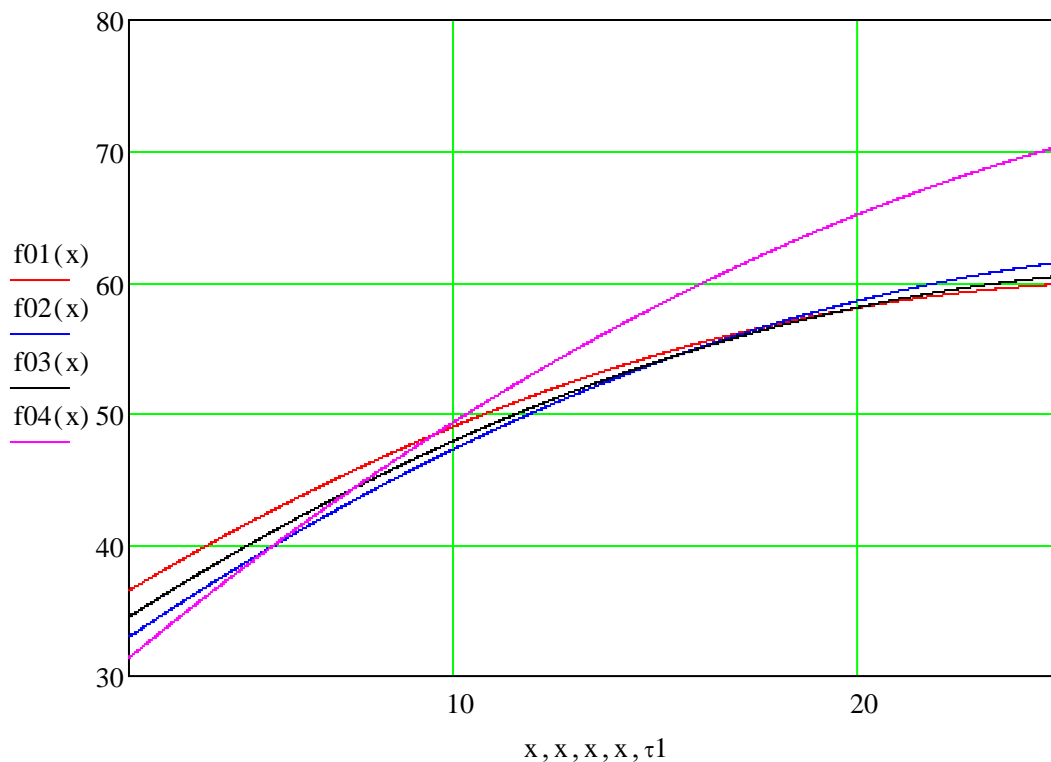


Рис. 1. Залежність швидкості осадження від тривалості при витратах флокулянту на освітлення 0; 0,2; 0,4; 1,2 % до м.б.

$$f_{01}(x) := F1(x, 2)$$

$$f_{03}(x) := F1(x, 5)$$

$$f_{02}(x) := F1(x, 10)$$

$$f_{04}(x) := F1(x, 20)$$

$$j := 0..4$$

$$\tau_{1j} := \tau_{0+4j}$$

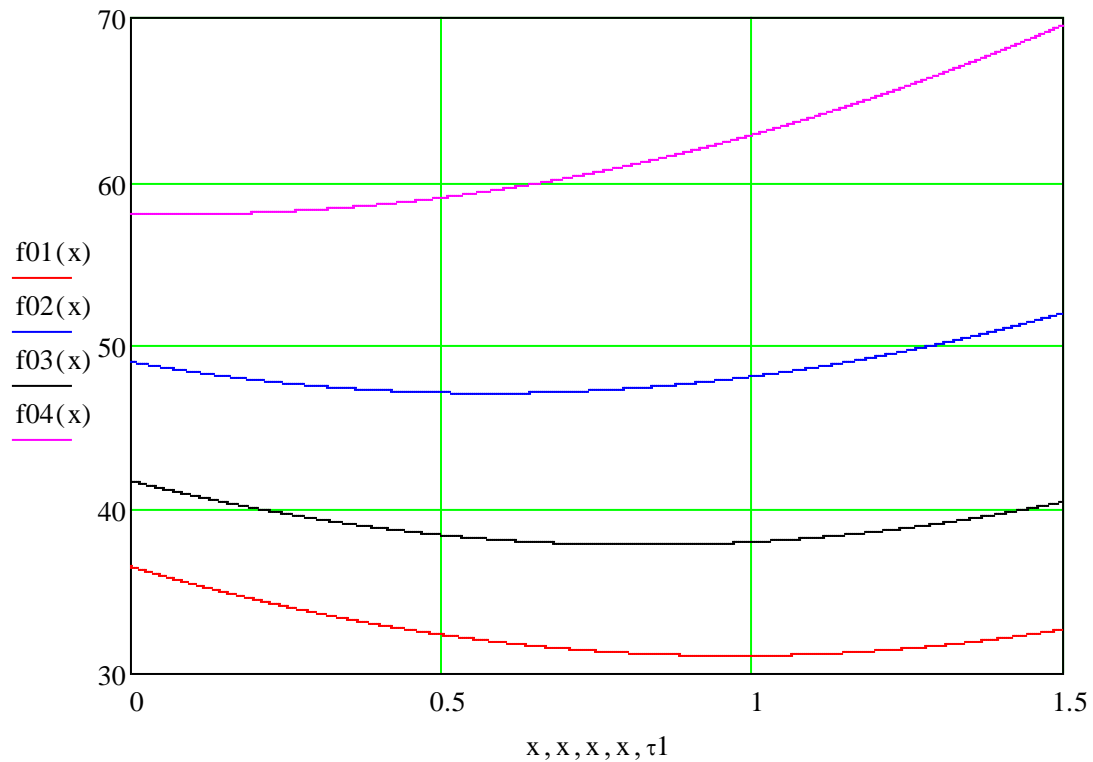


Рис. 2. Залежність швидкості осадження від витрат флокулянту за тривалості процесу 2, 5, 10, 20 хв

4. Визначення оптимальних параметрів процесу

Програма переведення натуральних значень локальних критеріїв оптимальності в безрозмірну форму методом Харрінгтона

```

HAR(FN, D, fn, z) := FP ← -ln(-ln(D))
if z = 1
  if fn < FN0
    fb ← D0
    break
  if fn > FN5
    fb ← D5
    break
  for i ∈ 0, 1 .. 5
    if fn = FNi
      fb ← Di
      break
    if fn < FNi+1
      fp ← FPi +  $\frac{(fn - FN_i) \cdot (FP_{i+1} - FP_i)}{FN_{i+1} - FN_i}$ 
      fb ← e-e-fp
      break
  otherwise
    if fn > FN0
      fb ← D0
      break
    if fn < FN5
      fb ← D5
      break
    for i ∈ 0, 1 .. 5
      if fn = FNi
        fb ← Di
        break
      if fn > FNi+1
        fp ← FPi +  $\frac{(fn - FN_i) \cdot (FP_{i+1} - FP_i)}{FN_{i+1} - FN_i}$ 
        fb ← e-e-fp
        break
fb

```

Інтервали бажаності:

$$IBG := (5 \ 15 \ 43 \ 60 \ 77 \ 95.6)^T$$

$$IBC := (2 \ 1.6 \ 1.5 \ 1 \ 0.5 \ 0.2)^T$$

$$IB\tau := (30 \ 20 \ 17 \ 15 \ 14 \ 12)^T$$

$$D := (0.01 \ 0.2 \ 0.37 \ 0.63 \ 0.8 \ 0.99)^T$$

$$a1 := 0.02 \quad b1 := 1.5 \quad a2 := 2$$

$$b2 := 25 \quad m := 40 \quad i1 := 0..m \quad j1 := 0..m$$

$$h1 := \frac{b1 - a1}{m} \quad h2 := \frac{b2 - a2}{m}$$

$$p1_{i1} := a1 + h1 \cdot i1 \quad p2_{j1} := a2 + h2 \cdot j1$$

$$Y1_{i1,j1} := F1(p1_{i1}, p2_{j1})$$

$$ff2_{i1,j1} := HAR(IBC, D, p1_{i1}, 0)$$

$$ff1_{i1,j1} := HAR(IBG, D, Y1_{i1,j1}, 1)$$

$$ff3_{i1,j1} := HAR(IB\tau, D, p2_{j1}, 0)$$

$$Ff_{i1,j1} := (ff1_{i1,j1})^{0.7} \cdot (ff2_{i1,j1})^{0.2} \cdot (ff3_{i1,j1})^{0.1}$$

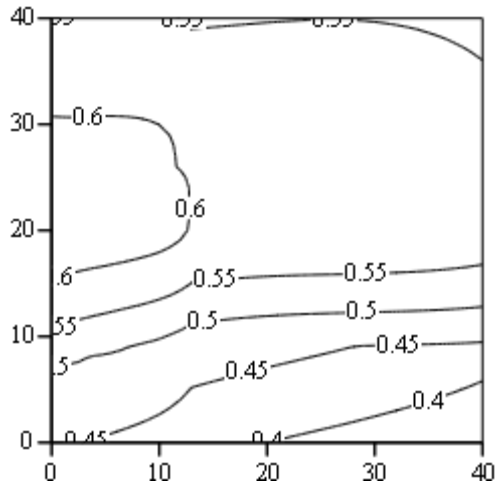


Рис. 3. Лінії рівня узагальненого критерію оптимальності в координатах витрат флокулянту на освітлення транспортерно-мийної води

```

OPT2(F, n, a1, a2, h1, h2) :=
  MA ← F0,0
  im ← 0
  jm ← 0
  for il ∈ 0..n-1
    for j1 ∈ 0..n-1
      if Fil,j1 > MA
        MA ← Fil,j1
        im ← il
        jm ← j1
  x1m ← a1 + h1 · (im)
  x2m ← a2 + h2 · (jm)
  z0 ← MA
  z1 ← x1m
  z2 ← x2m
  z

```

Програма знаходження
максимального значення критерія
оптимальності з двовимірного
масиву

$$\text{OPT2}(F_f, N, a_1, a_2, h_1, h_2) = \begin{pmatrix} 0.577 \\ 0.72 \\ 12.35 \end{pmatrix}$$

Висновок:

Оптимальними параметрами ефекту очищення, при максимальному значенні узагальненого критерію $F(x) = 0,577$, витрати флокулянту 0,72 % до м.б. і швидкість осадження 12,35 хвилин.

**Визначення оптимальних параметрів освітлення транспортерно-мийної
води при використанні флокулянту «Магнофлок LT 27»
за температури 20°C**

1. Теоретична частина

2. Постановка задачі оптимізації:

3. Розроблення математичної моделі

Залежність швидкості осадження транспортерно-мийної води від
витрат флокулянту та тривалості процесу освітлення

$$N := 19$$

$$i := 0..N$$

$$C := (0 \ 0.5 \ 1.0 \ 1.5 \ 0 \ 0.5 \ 1.0 \ 1.5 \ 0 \ 0.5 \ 1.0 \ 1.5 \ 0 \ 0.5 \ 1.0 \ 1.5 \ 0 \ 0.5 \ 1.0 \ 1.5)^T$$

$$\tau := (2 \ 2 \ 2 \ 2 \ 5 \ 5 \ 5 \ 5 \ 10 \ 10 \ 10 \ 10 \ 15 \ 15 \ 15 \ 15 \ 25 \ 25 \ 25 \ 25)^T$$

$$G := (4.4 \ 6.6 \ 53.1 \ 71.9 \ 93.4 \ 10.8 \ 26.1 \ 49.6 \ 65.2 \ 95.6 \ 11.8 \ 43.8 \ 64.1 \ 82.5 \ 95.3 \ 13 \ 36.1 \ 66.1 \ 95.6 \ 95.6)^T$$

$$A := \begin{bmatrix} N+1 & \sum C & \sum \tau & \sum (C_i \cdot \tau_i) & \sum C^2 & \sum \tau^2 \\ \sum C & \sum C^2 & \sum (C_i \cdot \tau_i) & \sum [(C_i)^2 \cdot \tau_i] & \sum C^3 & \sum [C_i \cdot (\tau_i)^2] \\ \sum \tau & \sum (C_i \cdot \tau_i) & \sum \tau^2 & \sum [C_i \cdot (\tau_i)^2] & \sum [(C_i)^2 \cdot \tau_i] & \sum \tau^3 \\ \sum (C_i \cdot \tau_i) & \sum [(C_i)^2 \cdot \tau_i] & \sum [C_i \cdot (\tau_i)^2] & \sum [(C_i)^2 \cdot (\tau_i)^2] & \sum [(C_i)^3 \cdot \tau_i] & \sum [C_i \cdot (\tau_i)^3] \\ \sum C^2 & \sum C^3 & \sum [(C_i)^2 \cdot \tau_i] & \sum [(C_i)^3 \cdot \tau_i] & \sum C^4 & \sum [(C_i)^2 \cdot (\tau_i)^2] \\ \sum \tau^2 & \sum [C_i \cdot (\tau_i)^2] & \sum \tau^3 & \sum [C_i \cdot (\tau_i)^3] & \sum [(C_i)^2 \cdot (\tau_i)^2] & \sum \tau^4 \end{bmatrix}$$

$$a := A^{-1} \cdot C1$$

$$F1(x1, x2) := a_0 + a_1 \cdot x1 + a_2 \cdot x2 + a_3 \cdot x1 \cdot x2 + a_4 \cdot x1^2 + a_5 \cdot x2^2$$

$$SKP1 := \sqrt{\sum_{i=0}^N \frac{(G_i - F1(C_i, \tau_i))^2}{N}}$$

$$SKP1 = 30.148$$

$$C1 := \begin{pmatrix} \sum G \\ \sum (G_i \cdot C_i) \\ \sum (G_i \cdot \tau_i) \\ \sum (G_i \cdot C_i \cdot \tau_i) \\ \sum [G_i \cdot (C_i)^2] \\ \sum [G_i \cdot (\tau_i)^2] \end{pmatrix}$$

$$f01(x) := F1(0, x)$$

$$f03(x) := F1(0.2, x)$$

$$f02(x) := F1(0.4, x)$$

$$f04(x) := F1(1.2, x)$$

$$a = \begin{pmatrix} 31.8095 \\ -2.44335 \\ 2.73112 \\ 0.56661 \\ -1.28 \\ -0.05519 \end{pmatrix}$$

$$j := 0..4$$

$$\tau1_j := \tau_{0+4j}$$

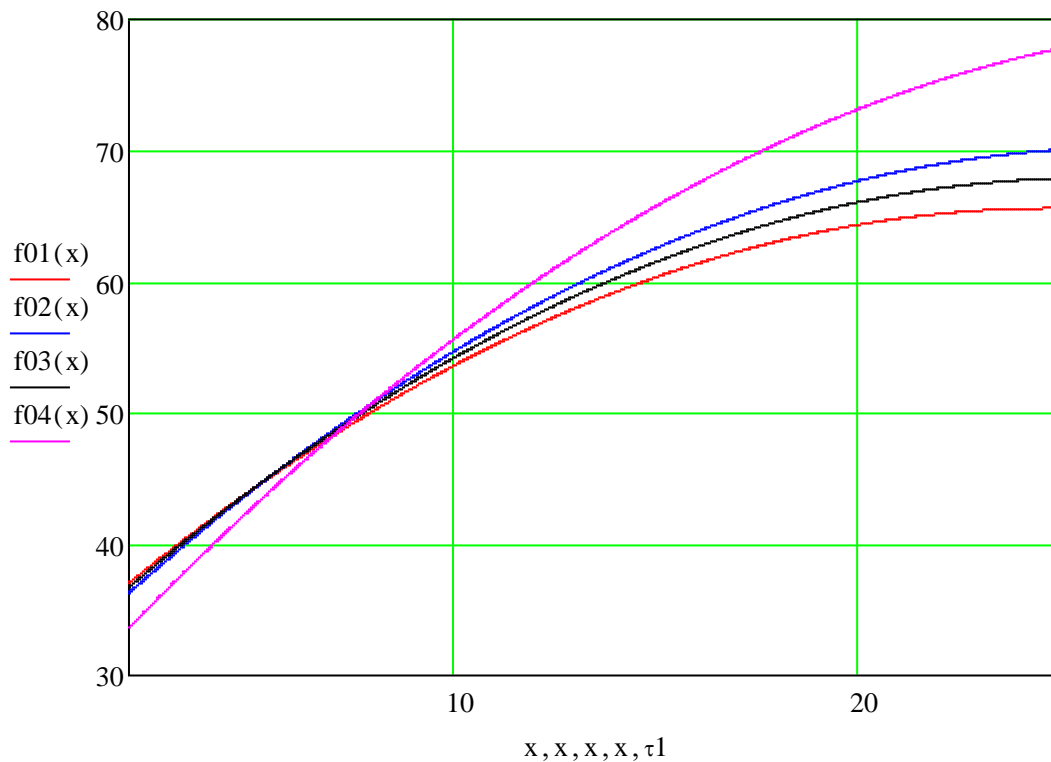


Рис. 1. Залежність швидкості осадження від тривалості при витратах флокулянту на освітлення 0; 0,2; 0,4; 1,2 % до м.б.

$$f01(x) := F1(x, 2)$$

$$f03(x) := F1(x, 5)$$

$$f02(x) := F1(x, 10)$$

$$f04(x) := F1(x, 20)$$

$$j := 0..4$$

$$\tau1_j := \tau_{0+4j}$$

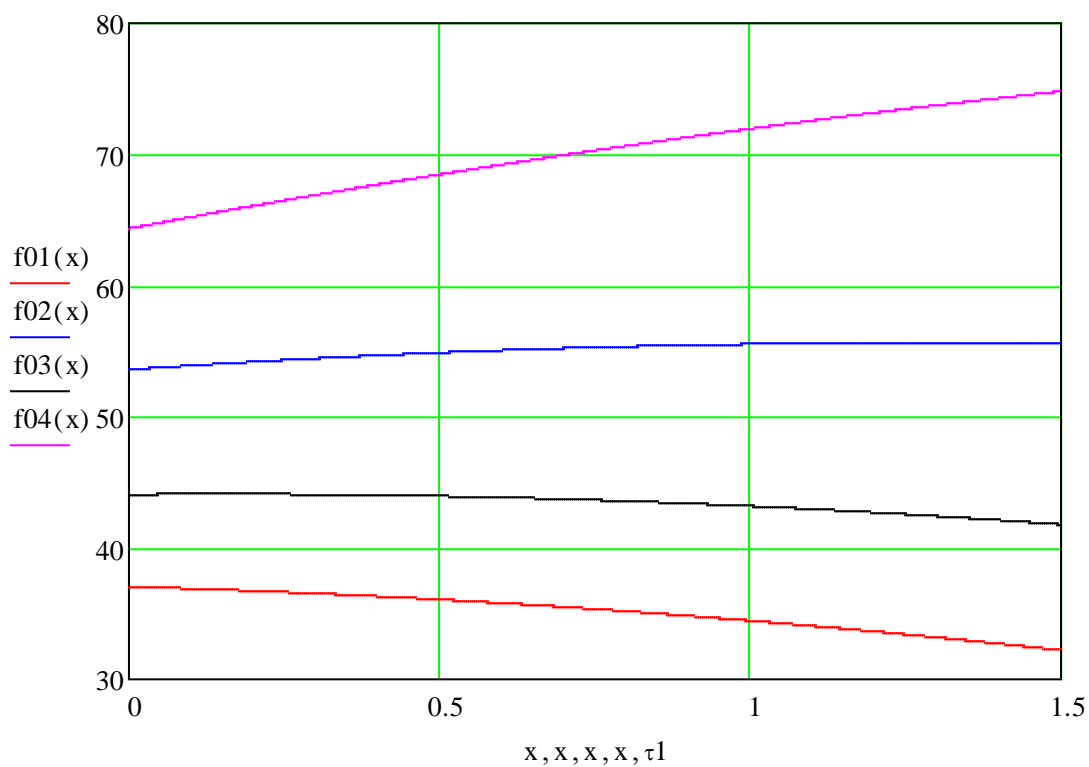


Рис. 2. Залежність швидкості осадження від витрат флокулянту за тривалості процесу 2, 5, 10, 20 хв

4. Визначення оптимальних параметрів процесу

Програма переведення натуральних значень локальних критеріїв оптимальності в безрозмірну форму методом Харрінгтона

```

HAR(FN, D, fn, z) := FP ← -ln(-ln(D))
if z = 1
  if fn < FN0
    fb ← D0
    break
  if fn > FN5
    fb ← D5
    break
  for i ∈ 0, 1..5
    if fn = FNi
      fb ← Di
      break
    if fn < FNi+1
      fp ← FPi +  $\frac{(fn - FN_i) \cdot (FP_{i+1} - FP_i)}{FN_{i+1} - FN_i}$ 
      fb ← e-e-fp
      break
  otherwise
    if fn > FN0
      fb ← D0
      break
    if fn < FN5
      fb ← D5
      break
    for i ∈ 0, 1..5
      if fn = FNi
        fb ← Di
        break
      if fn > FNi+1
        fp ← FPi +  $\frac{(fn - FN_i) \cdot (FP_{i+1} - FP_i)}{FN_{i+1} - FN_i}$ 
        fb ← e-e-fp
        break
fb

```

Інтервали бажаності:

$$IBG := (5 \ 15 \ 43 \ 60 \ 77 \ 95.6)^T$$

$$IBC := (2 \ 1.6 \ 1.5 \ 1 \ 0.5 \ 0.2)^T$$

$$IB\tau := (30 \ 20 \ 17 \ 15 \ 14 \ 12)^T$$

$$D := (0.01 \ 0.2 \ 0.37 \ 0.63 \ 0.8 \ 0.99)^T$$

$$a1 := 0.02 \quad b1 := 1.5 \quad a2 := 2$$

$$b2 := 25 \quad m := 40 \quad i1 := 0..m \quad j1 := 0..m$$

$$h1 := \frac{b1 - a1}{m} \quad h2 := \frac{b2 - a2}{m}$$

$$p1_{i1} := a1 + h1 \cdot i1 \quad p2_{j1} := a2 + h2 \cdot j1$$

$$Y1_{i1,j1} := F1(p1_{i1}, p2_{j1})$$

$$ff2_{i1,j1} := HAR(IBC, D, p1_{i1}, 0)$$

$$ff1_{i1,j1} := HAR(IBG, D, Y1_{i1,j1}, 1)$$

$$ff3_{i1,j1} := HAR(IB\tau, D, p2_{j1}, 0)$$

$$Ff_{i1,j1} := (ff1_{i1,j1})^{0.7} \cdot (ff2_{i1,j1})^{0.2} \cdot (ff3_{i1,j1})^{0.1}$$

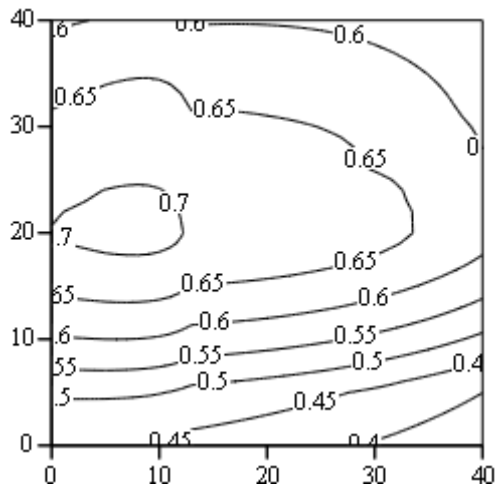


Рис. 3. Лінії рівня узагальненого критерію оптимальності в координатах витрат флокулянту на освітлення транспортерно-мийної води

```

OPT2(F,n,a1,a2,h1,h2) := MA ← F0,0
                        im ← 0
                        jm ← 0
                        for i1 ∈ 0..n-1
                          for j1 ∈ 0..n-1
                            if Fi1,j1 > MA
                              MA ← Fi1,j1
                              im ← i1
                              jm ← j1
                        x1m ← a1 + h1 · (im)
                        x2m ← a2 + h2 · (jm)
                        z0 ← MA
                        z1 ← x1m
                        z2 ← x2m
                        z

```

Програма знаходження
максимального значення критерія
оптимальності з двовимірною
масиву

$$\text{OPT2}(F_f, N, a_1, a_2, h_1, h_2) = \begin{pmatrix} 0.701 \\ 0.316 \\ 12.35 \end{pmatrix}$$

Висновок:

Оптимальними параметрами ефекту очищення, при максимальному значенні узагальненого критерію $F(x) = 0,701$, витрати флокулянту 0,316 % до м.б. і швидкість осадження 12,35 хвилин.