

НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ ДЕРЕВООБРОБНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І ДИЗАЙНУ

Кафедра технологій захисту навколишнього середовища і деревини та безпеки  
життєдіяльності

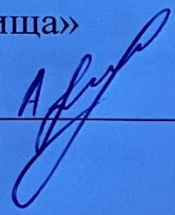
## Пояснювальна записка

до диплому/роботи магістра

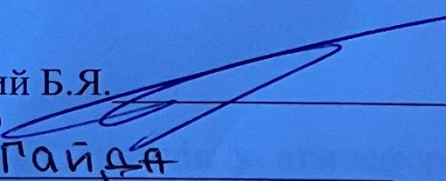
на тему: «АНАЛІЗ ТА ЗМЕНШЕННЯ ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ У  
АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ ПРИ УТИЛІЗАЦІЇ ТВЕРДИХ ВІДХОДІВ»

Виконав: студент VI курсу, групи ТЗНС- 61м

Спеціальності 183 «Технології захисту  
навколишнього середовища»

Соловей А. Р.   
прізвище та ініціали)

Керівник

проф. Кшивецький Б.Я.   
(прізвище та ініціали)

Рецензент В. Гайда  
(прізвище та ініціали)

Львів 2024

НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

Інститут **деревообробних технологій і дизайну**

Кафедра технологій захисту навколишнього середовища і деревини та безпеки життєдіяльності

Освітньо-кваліфікаційний рівень **магістр**

Спеціальність **183 «Технології захисту навколишнього середовища»**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри ТЗНСДБЖД**

проф. Кшивецький Б. Я. \_\_\_\_\_

“ 30 ” вересня 2024 року

**З А В Д А Н Н Я**

**НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Соловей Андрій Романович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Аналіз та зменшення шкідливих викидів у атмосферне повітря при утилізації твердих відходів.»

керівник роботи Кшивецький Богдан Ярославович, доктор техн. наук, професор,  
( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від “ 12 ” 07 2024 року №...С-469.

2. Строк подання студентом роботи \_\_\_\_\_ до 15 грудня 2024

3. Вихідні дані до роботи: виробничий та технологічний процеси з виготовлення цукрової продукції.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Літературний огляд.

2. Атмосферне повітря та його забруднення.

3. Характеристика відходів виробництва цукру.

4. Технологічні рішення щодо зменшення шкідливих викидів у атмосферне повітря.

5. Висновки.

6. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

7. Презентація



## **РЕФЕРАТ**

Магістерська дипломна робота складається із: пояснювальної записки - 52 стор., 21 рисунки, 11 таблиць, 20 джерел.

У магістерській роботі зроблено аналіз та дослідження забруднення атмосферного повітря при виготовленні цукрової продукції. Вивчено виробничий та технологічний процес з виготовлення цукрової продукції. Проаналізовано викиди, які утворюються при технологічному та виробничому процесах, здійснено їх аналіз та вплив на довкілля. Запропоновано технологічні рішення щодо зменшення забруднення атмосферного повітря викидами від виробничих та технологічних процесів. Розроблено заходи щодо очистки загазованого повітря від виробництва цукрової продукції. Проаналізовано заходи з охорони праці при роботі у виробничому та технологічному процесах виготовлення цукрової продукції.

Ключові слова: атмосферне повітря, довкілля, відходи, загазованість, очищення.

## **ABSTRACT**

Master's thesis: explanatory note: 52 pages, 21 figures, 11 tables, 20 sources.

The master's thesis analyzes and studies atmospheric air pollution during the production of sugar products. The production and technological process for the production of sugar products is studied. Emissions that deteriorate during technological and production processes are analyzed, as well as their analysis and impact on the environment. Technological solutions are proposed to reduce atmospheric air pollution by starting substances from production and technological processes. Measures are developed to clean gas-contaminated air from the production of sugar products. Occupational safety measures are analyzed when working in the production and technological process of sugar products.

Keywords: atmospheric air, environment, waste, pollution, purification

## ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

На основі аналізу літературних джерел щодо забруднення атмосферного повітря виробничими та технологічними процесами із виготовлення цукрової продукції необхідно:

1. Здійснити аналіз літературних джерел щодо атмосферного повітря та його забруднення.
2. Атмосферне повітря та його забруднення.
3. Характеристика відходів виробництва цукру.
4. Технологічні рішення щодо зменшення шкідливих викидів у атмосферне повітря.
5. Заходи з безпеки праці.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ ТА ЙОГО ЗАБРУДНЕННЯ.....	9
1.1 Аналіз стану забруднення атмосферного повітря.....	9
1.2 Тверді відходи та їх вплив на довкілля.....	14
1.3 Промислові відходи при виробництві цукрової продукції.....	16
1.4 Висновки з розділу.....	19
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС З ВИГОТОВЛЕННЯ ЦУКРОВОЇ ПРОДУКЦІЇ.....	20
2.1 Опис технологічного процесу виготовлення цукру .....	20
2.2 Опис виробничого процесу виготовлення цукру .....	24
2.3 Висновки з розділу ... ..	26
РОЗДІЛ 3. ХАРАКТЕРИСТИКА ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВА ЦУКРУ.....	27
3.1 Характеристика відходів технологічного процесу.....	27
3.2 Характеристика відходів виробничого процесу .....	29
3.3. Висновки з розділу.....	35
РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ЩОДО ЗМЕНШЕННЯ ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ У АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ .....	37
4.1 Технологічні рішення щодо шкідливих викидів у технологічному процесі...37	
4.2 Технологічні рішення щодо шкідливих викидів у виробничому процесі ...42	
4.3 Висновки з розділу.....	44
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	45
5.1 Безпека праці при виготовленні цукрової продукції.....	45
5.2 Екологічна безпека при виготовленні цукрової продукції .....	47
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....	49
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	51

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Збереження атмосферного повітря чистим після технологічних процесів утилізації твердих відходів має важливе значення як для довкілля так і навколишнього середовища. В Україні проблема утилізації відходів як промислового використання так і побутових практично не вирішена. На сьогодні дана проблема є актуальною для більшості підприємств, які займаються виробничим процесом виготовлення продукції. Для прикладу в Україні сьогодні працює двадцять одна станція сортування сміття. У Львові будується завод для переробки сміття. У Києві такий завод вже працює.

Разом з тим накопичення відходів з кожним роком зростає. Це можуть бути як промислові відходи підприємств з виготовлення продукції, так і побутові відходи. Всі ці відходи мають тривалий термін утилізації. Для прикладу, тверді відходи у вигляді паперу розкладаються від трьох місяців до одного року, поліетиленові вироби від ста до п'ятсот років. Тому захоронення відходів небезпечно для навколишнього середовища.

Щодо спалювання відходів, то це процес технологічно складний і вимагає як великих капіталовкладень і сучасного технологічного обладнання так і високоефективного очисного обладнання. Спалювати тверді відходи на стихійних сміттєзвалищах заборонено, оскільки це завдає шкоди довкіллю та навколишньому середовищу.

Переробка відходів у світі широко використовується. Це дозволяє отримати додаткову економічну вигоду. Але на сьогоднішній день така світова практика не дуже добре себе зарекомендувала, оскільки при переробці відходів виникають додаткові навантаження на навколишнє середовище. Це пов'язано із тим, що при їх переробці виникають додаткові шкідливі викиди, які можуть містити різного роду хімічні сполуки та речовини. Виникають проблеми із їх знешкодження. А це вимагає більших затрат на їх знешкодження.

Тому аналіз та вивчення утилізації відходів, забруднення атмосферного повітря, на сьогодні є надзвичайно актуальною науковою та екологічною

проблемою, яку необхідно вирішувати. Тому свою магістерську роботу я хочу присвятити саме дослідженню даної проблеми та науковому підходу щодо пропозицій її часткового вирішення.

**Об'єкт дослідження:** відходи промислового виробництва.

**Предмет дослідження:** виробничий процес з виготовлення цукрової продукції.

#### **Задачі дослідження:**

1. Аналіз стану питання щодо твердих відходів.
2. Вивчення технологічного процесу з виготовлення цукрової продукції.
3. Характеристика відходів виробництва цукру.
4. Технологічні рішення зменшення викидів у атмосферне повітря.
5. Заходи з безпеки праці.

## РОЗДІЛ 1

### АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ ТА ЙОГО ЗАБРУДНЕННЯ

#### 1.1. Аналіз стану забруднення атмосферного повітря

Атмосферне повітря це основа життя на планеті Земля. Чисте повітря це запорука здоров'я людей, збереження клімату, припинення катастроф, що пов'язані із повеннями, посухами тощо. Тому, збалансована та екологічно безпечна діяльність людей щодо забруднення довкілля є однією із умов життя на планеті Земля.

На сьогодні у світі одною із важливих проблем щодо захисту навколишнього середовища це є боротьба із забрудненням атмосферного повітря, яке відбувається дуже швидко і у великій кількості. До забруднювачів атмосферного повітря відноситься багато джерел. Серед яких це промислові підприємства, автомобільний транспорт, різного роду побутові забруднювачі тощо.

Найбільша частка на сьогодні забруднення атмосферного повітря припадає на промислові підприємства та автомобільний транспорт. Щодо автомобільного транспорту, то це проблема світового значення для великих міст, забруднювачами яких є автомобілі із двигунами внутрішнього згорання. Над вирішення цієї проблеми сьогодні працюють великі світові компанії виробники автомобілів. Для зменшення шкідливих викидів автомобільним транспортом пропонується замінити двигуни внутрішнього згорання на автомобілі гібриди, електромобілі, автомобілі із двигунами на водню, тощо. Тобто у цьому напрямку ведеться на сьогодні досить велика робота як науковців, виробників автомобільного транспорту, тощо.

Забруднення навколишнього середовища промисловими підприємствами друга із найбільших проблеми, яка має важливе світове значення, оскільки це призводить до зміни клімату на нашій планеті. Промисловість у світі розвивається швидкими темпами. Серед країн у світі із потужним промисловим виробництвом є Китай, у якого внутрішній валовий продукт складає 47%, Німеччина із 46% і на третьому і четвертих місцях Японія із 24% та США із 22

%. Тобто це країни, у яких найбільш розвинена промисловість. Тому у цих країнах є найбільше промислових підприємств, які забруднюють навколишнє середовища і в першу чергу це атмосферне повітря.

На рис. 1.1 наведено забруднення атмосферного повітря автомобільним транспортом та промисловими підприємствами.



Рис. 1.1 Забруднення атмосферного повітря транспортом та промисловістю

Основними компонентами забруднення атмосферного повітря автомобільним транспортом є вуглекислий газ та нітроген. Основним забруднювачами повітря промисловістю є діоксид азоту, діоксид сірки, оксид вуглецю та інші речовини. Забруднення повітря контролюється країнами, особливо країнами із розвиненою економікою.

Від стану промисловості залежать шкідливі викиди, які попадають в атмосферне повітря. Дані викиди небезпечні утворенням парникового ефекту. Сутність парникового ефекту у том, що шкідливі викиди промислових підприємств, автомобільного транспорту у вигляді вуглекислого газу попадають в атмосферу і призводять до руйнування озонового шару, який забезпечує обмінні теплові процеси на Землі. Тобто, озоновий шар пропускає теплову сонячну енергію на Землю і навпаки, нагріте повітря із Землі пропускає назад. Зруйнований озоновий шар, який заповнений вуглекислим газом не пропускає нагрітого повітря із поверхні Землі, тим самим поступово нагріває Землю. Такі процеси призводять до зміни клімату, які тягнуть за собою всі негативні наслідки як для клімату так і всього живого на планеті Земля. Тому збереження атмосферного повітря чистим, недопущення його забруднення шкідливим

речовина, є однією із задач та вимог розвитку світової економіки. Це дозволить зменшити шкідливі викиди і запобігти зміні клімату та зберегти природу.

На рис. 1.2 наведено продукування вуглекислого газу промисловими підприємства та його небезпека для навколишнього середовища.



Рис. 1.2 Продукування вуглекислого газу промисловістю та його небезпека.

Контроль за шкідливим викидами промислових підприємств повинен постійно забезпечуватися. Для цього необхідно вживати заходи, щодо очищення повітря, яке забруднюється промисловими газами. На сьогоднішній день пропонуються сучасні установки для очистки забрудненого повітря від шкідливих промислових викидів в атмосферу.

Важливе значення для очистки забрудненого повітря має склад матеріалів, які піддаються спалювання. Окрім виділення вуглекислого газу у забрудненому повітря можуть бути і інші шкідливі речовини. Оптимальні викиди у атмосферне вуглекислого газу мають відповідати кількості його поглинання. Для прикладу, якщо взяти деревину. Це природній полімерний матеріал, який під час спалювання виділяє стільки вуглекислого газу, скільки і поглинає. Тобто при спалюванні деревини шкідливі викиди в атмосферу вважаються оптимальними. Тому, і для продукування теплової енергії пропонується використовувати як паливо деревину.

Щодо інших продуктів згорання, які забезпечують певні технологічні процеси тепловою енергією то вони є більш шкідливими. Для прикладу при згорянні кам'яного вугілля виділяється в рази більше шкідливих викидів в атмосферне повітря у порівнянні із деревиною. При згорянні природного газу

утворюються шкідливі викиди у вигляді оксиду азоту, вуглекислого газу та оксиду вуглецю. Отже небезпечних матеріалів, які б згоряли б і не забруднювали навколишнього середовища не має. Всі матеріали, природного походження чи ні, виділяють певну кількість шкідливих речовин, які забруднюють навколишнє середовище. Тому, заходи щодо очищення забрудненого повітря необхідно вживати.

Щодо забруднення атмосферного повітря іншими технологічними процесами, а саме шкідливими викидами у вигляді парів розчинників різного походження, під час бродіння органічної сировини, яка зберігається під час технологічних процесів виготовлення сільськогосподарської продукції, тощо, то вони також важливі. Тобто є багато інших небезпечних процесів, щодо утворення шкідливих викидів у атмосферу забруднюючи її. Все це врахувати надзвичайно важко, але запобігати утворення шкідливих викидів промисловими підприємствами незважаючи на його функціональне призначення потрібно.

Тому, всі шкідливі викиди в атмосферне повітря можна поділити на чотири групи. А саме забруднення атмосферного повітря бувають газоподібні, тверді, рідкі, та змішанні. Щодо забруднення повітря промисловими викидами, то їх також можна поділити на викиди що утворюються під час існуючих джерел забруднення та викиди, що продукуються певними технологічними процесами. І перші і друг є небезпечними для атмосферного повітря, але друга категорія викидів є більш небезпечною з точки зору шкідливих викидів.

Підсумовуючи можна відзначити, що атмосферного повітря це один із найбільш важливих і найбільш вражаючий елемент навколишнього середовища, який піддається забрудненню. Це пов'язано з тим, що атмосферне повітря оточує все і всюди. Без використання атмосферного повітря не може обійтися будь-який технологічний чи виробничі процес. Тому, саме велика увага прикута всього світу прикута до очистки від забруднення атмосферного повітря. Для очистки забрудненого атмосферного повітря використовують багато сучасних технологій та процесів, що дає можливість забезпечення якісної його очистки. Тому, збереження чистого атмосферного повітря дозволить запобігти зміні клімату на

плане Земля та попередити ці природні катастрофи, які на сьогоднішній день вже існують.

## 1.2. Класифікація твердих відходів та їх аналіз

Тверді промислові та побутові відходи, одні із відходів, які найбільше утворюються та несуть небезпеку для довкілля та навколишнього середовища. Кожна країна має класифікатор відходів. В Україні він затверджений постановою кабміну за номером 1102 від 2023 року. Згідно даної постанови всі відходи класифікуються на двадцять груп. Тому, необхідно дотримуватися даного класифікатора відходів та визначення відповідних груп небезпечності.

Кожна галузь виробництва продукує певні відходи, які відповідають типу виробництва даної галузі. Всі ці відходи необхідно утилізувати або шукати інші шляхи їх використання чи переробки. Назагал всі відходи поділяються на промислові та побутові. На рис. 1.3 наведено деякі види промислових та побутових відходів.



а) промислові



б) побутові

Рис.1.3. Відходи

Кількість відходи в Україні сягає приблизно чотириста п'ятдесят мільйона тон на рік. Із них лише три відсотки йде на переробку. Всі інші хороняться на сміттєзвалищі. Це серйозні виклики для навколишнього середовища, оскільки такі відходи різного походження, хімічного складу, об'єму та групи небезпеки. Для наглядності на рис. 1.4 наведено поводження з відходами в Україні за довоєнний період, а саме із 2010 по 2020 роки. Тобто за десятирічний період.

Якщо порахувати за десятирічний період, то кількість відходів складе мільярди ТОН.



Рис. 1.4. Поводження з відходами в Україні за десятирічний період.

Така велика кількість утворених відходів в Україні несе небезпеку для навколишнього середовища. У наведених даних вказано лише утворення відходів за десятирічний період. Зараз необхідно враховувати стану навколишнього середовища на територіях де ведуться бойові дії, окупованих територіях та територіях повернутих під контроль України.

Разом з тим необхідно відзначити, що така велика кількість відходів, це відходи різного складу, та характеристик, які по різному впливатимуть на навколишнє середовище. Тому, дані відходи по різному можна утилізувати. Але Україні необхідно переймати досвід передових Європейських країн, щодо утилізації твердих відходів. Для прикладу можна перейняти досвід Австрії, Швейцарії або інших Європейських країн. Саме дані країни Європи раціонально використовують тверді побутові відходи. Вони їх спалюють, генеруючи при цьому електричну та теплову енергію для забезпечення потреб великих населених пунктів. Звичайно, спалювання таких відходів потребує очищення димових газів, які є небезпечними для довкілля та навколишнього середовища назагал.

Технологічний процес спалювання побутових відходів має свої особливості. Одна з яких це те, що даний процес відбувається за високих температур. Температура спалювання таких відходів повинна бути не нижчою за 850 °С. Саме за такої високої температури дозволяють спалити побутові відходи. На рис. 1.5. наведено спалювання побутових твердих відходів м. Відень, Австрія.



Рис. 1.5. Завод із спалювання сміття у м. Відень. (Австрія)

Спалювання побутового сміття це один із варіантів утилізації побутових відходів. Звичайно даний процес складний та дорогий. Разом з тим, це дозволяє утилізувати мільйони тонн побутового сміття.

Щодо твердих відходів промислового виробництва, то їх утилізація це складний процес, який повинен відбуватися забезпечуватися промисловими підприємствами, які продукують дані відходи. Способи утилізації для підприємств, які продукують відходи промислового виробництва, можуть бути різними. На сьогоднішній день промислові підприємства самі зацікавлені в утилізації промислових відходів, оскільки вимагають норми законодавства та утилізація твердих відходів може приносити самим виробникам неабияку фінансову вигоду. Але все залежить від типу промислових відходів, їх кількості, небезпечності та інших факторів.

Тому, щоб пропонувати якісь технологічні рішення щодо утилізації промислових відходів необхідно мати прив'язку до конкретного типу виробництва та відходів, які вони продукують. Для цього необхідно вибрати тип

промислового виробництва. У своїй магістерській роботі я хочу проаналізувати, вивчити та дослідити відходи промислового виробництва, а саме відходи, які утворюються при виробництві цукрової продукції, та забруднення викидами у атмосферне повітря. Тому, для початку необхідно проаналізувати виробничий та технологічний процес, відходи, які будуть утворюватися, тощо.

### **1.3 Промислові відходи при виробництві цукрової продукції**

Як зазначалося вище забруднення атмосферного повітря промисловими підприємствами має важливе значення для довкілля та навколишнього середовища. Забруднення атмосферного повітря може відбуватися по різному в залежності від галузі виробництва продукції.

Технологічний процес виготовлення цукрової продукції має свою специфіку щодо утворення промислових відходів при виготовленні продукції. Відходи при виготовленні цукрової продукції як і всі інші відходи, мають вплив на навколишнє середовища, незважаючи на те, що виготовлення цукрової продукція відноситься до сільськогосподарської продукції, тобто продукції екологічно чистої.

Коротко проаналізуємо цукрову галузь та її небезпеку для навколишнього середовища. Цукрова галузь одна із найстаріших. Україна це аграрна країна із своїми традиціями, щодо вирощування та обробки сільськогосподарської продукції. Вирощування та обробка аграрної продукції вимагає також сучасних технологій та технологічних процесів. Тому, виробництво продукції продукує певні відходи, які мають шкідливий вплив на довкілля. Ці відходи можуть бути як рідкими так твердими і газоподібними, як було відзначено у розд.1.2. Для розуміння кількості відходів їх якості необхідно здійснити кількісну та якісну оцінку відходів цукрової промисловості та її вплив на довкілля. Для цього необхідно знати структуру виготовлення цукрової продукції.

Основною сировиною для даного технологічного процесу є цукровий буряк. Побічними продуктами виготовлення цукрової продукції є сирий жом, маляс, патока. Для виготовлення продукції із буряка використовують воду,

вапняний камінь та кам'яне вугілля. Технологічний процес проходить за підвищеної температури, яку необхідно забезпечити. Для генерування теплової енергії можуть використовувати кам'яне вугілля, газ або мазут.

На рис. 1.6. наведено технологічний процес з виготовлення цукрової продукції.

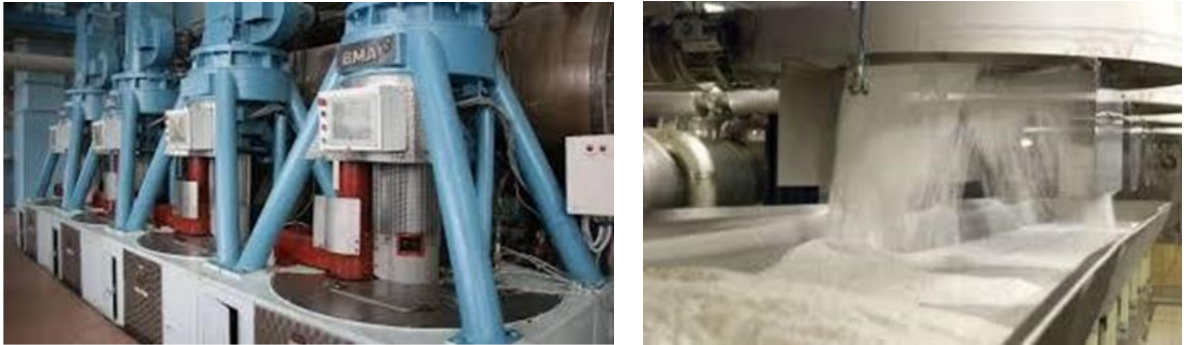


Рис. 1.6. Технологічний процес з виготовлення цукру.

Щодо відходів, які утворюються при виготовленні цукрової продукції то вони можуть бути як у твердому стані так і в рідкому. Даний технологічний процес вимагає витрат значної кількості води, яку необхідно очищати, а залишок у вигляді мулу необхідно піддавати обробці.

На рис. 1.7 наведено відходи промислового виробництва цукру.



Рис. 1.7 Відходи від виробництва цукрової продукції.

Окрім того при виготовленні цукрової продукції утворюється значна кількість і твердих відходів. Такі відходи утворюються через генерування великої кількості теплої води для цукроваріння. Для цього у більшості випадків

використовують кам'яне вугілля, спалювання якого призводить до нагромадження великої кількості шлаку, який також потрібно утилізувати. На рис. 1.8. наведено шлак отриманий від генерування теплової енергії.



Рис. 1.8. Шлак від спалювання кам'яного вугілля.

Окрім того на заводах із виготовлення цукрової продукції утворюється значна кількість твердих відходів у вигляді залишків цукрового буряка, жому сирого, землі від очищення буряка тощо. Всі ці відходи у певній мірі забруднюють атмосферне повітря, ґрунтові води та самі ґрунти.

Підсумовуючи необхідно відзначити, що виробництво цукрової продукції несе небезпеку для забруднення навколишнього середовища, а саме атмосферного повітря та ґрунтових вод. Тверді відходи, що утворюються під час технологічного процесу виробництва цукру та генерування теплової енергії необхідно утилізувати або очищати від забруднень довкілля.

#### **1.4. Загальні висновки з розділу**

Підсумовуючи даний підрозділ можна зробити наступні висновки:

1. Захист атмосферного повітря є важливим завданням на сьогоднішній день, оскільки його забруднення несе небезпеку для всього світу. Подальше забруднення атмосферного повітря може призвести до парникового ефекту та природніх катаклізм. Тому, проблема очистки забруднень від димових газів, шкідливих викидів в повітря від технологічних процесів виготовлення продукції різних галузей виробництва є пріоритетним на сьогодні.

2. Утворення тверди відходів та їх утилізація також несе небезпеку для атмосферного повітря. Утилізувати тверді відходів можна декількома методами, а саме спалюванням, захороненням, вторинною переробкою.

3. Важливе значення при виготовленні цукрової продукції мають технологічні відходи, оскільки вони забруднення атмосферне повітря, водойм та ґрунти. Забруднення атмосферного повітря відбувається і при утилізації твердих відходів, які утворюються під час виробничого процесу виготовлення цукру.

## РОЗДІЛ 2

# ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС З ВИГОТОВЛЕННЯ ЦУКРОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

### 2.1 Опис технологічного процесу виготовлення цукру

Як зазначалось у розд. 1 захист атмосферного повітря має важливе значення для будь-якого технологічного процесу, включаючи і технологічний процес з виготовлення цукру. Для вивчення відходів, їх кількісного та якісного складу необхідно детально вивчити як виробничий так і технологічний процеси, послідовність технологічних операцій, використане устаткування тощо. Технологічний процес виготовлення цукрової продукції багато в чому схожі між собою для багатьох заводів. Але з метою більш детального вивчення специфіки технологічного процесу, я у своїй роботі зробив прив'язку до ТзОВ «Радехівський цукор» із його філіями на території України, а саме Козівське відділення.

Виробничий процес з виготовлення цукру, це сезонний процес, тривалість якого залежить від кількості переробленої сировини та початку збирання цукрового буряка. Як правило, всі цукрові заводи починають свою роботу в осінній період і завершують у кінці зими. Тобто тривалість роботи припадає на холодний період року. Це необхідно враховувати при генеруванні теплової енергії для таких типів виробництва.

Структурна схема технологічного процесу виготовлення цукру наведено на рис. 2.1.

Відповідно до наведеної на рис. 2.1. структурної схеми виготовлення цукру, проаналізуємо основні технологічні операції та затрати на виготовлення цукру.

Процес із виготовлення цукру починається із закупівлі та накопичення цукрової сировини. Така сировина на заводи поступає за допомогою автомобільного або залізничного транспорту. Тому повинне бути забезпечене належне сполучення із постачальниками цукрового буряка. На даному етапі технологічного процесу забруднення довкілля, а саме забруднення атмосферного

повітря, відбуватиметься автомобільним транспортом, тобто викидами від двигуна внутрішнього згорання нафтопродуктів.



Рис. 2.1 Структурна схема виготовлення цукру

Наступним етапом є складування цукрового буряка у відповідні кагати для його зберігання. На даному етапі використовується також важка автомобільна техніка. Викиди у атмосферне повітря будуть також від згорання нафтопродуктів двигунами внутрішнього згорання.

Наступним етапом процесу є миття очищення цукрового буряка від механічних включень, таких як ґрунт, різного роду залишки від вирощування буряка. Відбувається дана технологічна операція за допомогою води. Тобто відбувається миття за допомогою прісної води. Водою даний завод забезпечується від власних свердловин та частково від міського водопостачання. Споживання прісної води є значним. На одну тону цукрового буряка, щоб його очистити від додаткових домішок потрібно від семи до восьми тонн прісної води. Після технологічного процесу цю всю воду потрібно очищати.

Після очищення коренеплодів від додаткових механічних включень відбувається їх подрібнення. Даний технологічний процес відбувається за допомогою відповідного технологічного устаткування, яке називають

бурякорізка. Дана машина здійснює подрібнення коренеплодів на певні смуги. За допомогою подрібнення та дифузора отримуємо буряковий сік.

На рис. 2.2. наведено подрібнені коренеплоди цукрового буряка.



Рис. 2.2. Подрібнені коренеплоди

Отримана цукрова маса змішується з прісно водою для екстрагування цукрової маси. Дана операція відбувається за підвищених температурних режимів у дифузоторах. Тобто, відбувається процес варіння цукрової маси, з метою вилучення цукристості. Це відбувається у дифузорі, де одночасно подається цукрова маса та тепла вода. Розбавлення цукрової маси відбувається у певному співвідношенні. Процес дифузії стружки відбувається за температури 76 °С. Тобто необхідно здійснювати підігрів води для даного технологічного процесу. Для підігріву води необхідно генерувати теплову енергію. Це вимагає підігріву води за допомогою спалювання певних матеріалів або сировини, тобто відбувається забруднення атмосферного повітря.

Окрім того вода, яка використовується для дифузійних процесів інфікується різними мікроорганізмами, які залишаються у коренеплодах після миття. Для прикладу 1 см<sup>3</sup> буряка може містити один мільйон мікроорганізмів, а в погано вимитому і в рази більше. Це вказує на те, щоб запобігти інфікуванню цукрової продукції цукрову масу необхідно проводити дезінфікування.

Дана операція проводиться за температури 90°C. Окрім того необхідно проводити і хлорування води. Для даних операцій необхідно також здійснювати

підігрів води. Тобто даний технологічний процес вимагає використання великих об'ємів прісної води та її підігрів.

Після цього необхідно здійснити лужний гідроліз цукрової маси. Даний технологічний процес відбувається із використанням вапна. Разом з тим, при дефекації цукрової маси утворюється велика кількість колоїдних нерозчинних і кристалічних осадів. Для їх розчинення використовують також вапно, але його кількість значно більша, ніж у попередньому процесі. Всіх етапів сатурації цукрової маси, а їх у даному технологічному процесі чотири, відбувається фільтрація цукрової маси.

Фільтрована цукрова маса поступає на висушування, яке відбувається за підвищеного температурного режиму на протязі тривалого часу. Це процес вимагає підтримування високих температур, тому необхідно забезпечити генерування теплової енергії. Після висушування і отримання кристалічної білої суміші, тобто цукру відбувається його пакування.

На рис. 2.3. наведено завершальну стацію технологічного процесу пакування цукру у мішки.



Рис. 2.3. Пакування цукру.

Підсумовуючи технологічний процес з виготовлення цукру можна відзначити, що це процес складний, тривалий із використанням значної кількості води та енергетичними затратами у вигляді електричної та теплової енергії. Щодо електричної енергії, то вона на заводі покупна, а щодо теплової енергії то потрібно генерувати на території заводу.

## 2.2. Опис виробничого процесу виготовлення цукру

У розд. 2.1 наведено технологічний процес виготовлення цукру. У даному розділі наведено опис виробничого процесу з виготовлення цукрової продукції. Ця необхідна впливає із того, що він супроводжується великими затратами теплової енергії та великими затратами води, які в кінцевому результаті призводять до забруднення навколишнього середовища.

Виробничий процес починається із закупівлі та складування коренеплодів. Тобто це задіяний автомобільний транспорт.

На рис.2.4 наведено складування цукрових буряків у кагати.



Рис. 2.4 Кагатування цукрових буряків.

Наступним важливим моментом у технологічному процесі з виготовлення цукрової продукції є генерування теплової енергії. Для генерування теплової енергії необхідно здійснювати підігрів води. Як зазначалося у розд.2.1. для даного технологічного процесу використовуються значні об'єми води, для миття коренеплодів, готування цукрової маси. Тому, даний технологічний процес повинен бути забезпечений можливістю здійснювати підігрів води. Для підігріву води використовують заводську котельню, яка призначена для підігріву великих об'ємів води. Для цього використовують кам'яне вугілля. Оскільки використовувати природний газ це досить дорого. Після спалювання кам'яного вугілля утворюються великі об'єми шлаку, які необхідно утилізувати. Разом з тим, для очистки димових газів після спалювання кам'яного вугілля необхідно очищати димові гази.

На рис. 2.5 наведено процес генерування теплової енергії.



Рис. 2.5. Генерування теплової енергії.

Важливим також є забруднення накопичених відходів від автомобільного транспорту, від паливно мастильних речовин, від залізничного транспорту, тощо. Тобто це певна категорія відходів, які утворюються у невеликій кількості, але мають негативний вплив в першу чергу на довкілля, а також і на навколишнє середовище.

Утилізація таких відходів повинна здійснюватися відповідно до законодавства України про поводження з твердими відходами та способами їх утилізації. Тверді та побутові відходи повинні зберігатися на території підприємства у спеціально відведеному для цього місці.

На рис.2.6 наведено місце для зберігання твердих побутових відходів.



Рис. 2.6. Місце зберігання твердих побутових відходів.

### **2.3 Висновки з розділу**

Виходячи із технологічного та виробничого процесу із виготовлення цукрової продукції можна зробити наступні висновки:

1. Технологічний процес виготовлення цукрової продукції складний, вимагає використання великого об'єму води. Використана вода піддається забрудненню, як після технологічного процесу потрібно очищати. Разом з яким утворюється твердих відходів, які під час утилізації забруднюють навколишнє середовище.

2. Під час технологічного процесу утворюється також велика кількість і тверди побутових відходів, які також потрібно утилізувати. Багато утворюється відходів від транспорту.

## РОЗДІЛ 3

### ХАРАКТЕРИСТИКА ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВА ЦУКРУ

#### 3.1. Характеристика відходів технологічного процесу

Технологічний процес виготовлення цукрової продукції є багатостадійним із утворенням значної кількості твердих та рідких промислових відходів. Незважаючи на те, що у технологічному процесі використовується сировина природнього походження, але під час її переробки використовуються речовини хімічного походження, які є небезпечними для навколишнього середовища. Тому, для утилізації цих відходів необхідно знати їх хімічний склад та їх вплив довкілля.

У таблиці 3.1 наведено сировину і матеріали яка поступає на виробництво і використовується у технологічному процесі при виготовленні цукрової продукції. До основних матеріалів відносять цукровий буряк та вапняний камінь. Окрім того наведені матеріали для побутових потреб у виробничому процесі виготовлення продукції

Таблиця 3.1

#### Сировина і матеріали

Найменування ресурсу	Одиниця виміру	Об'єм
Цукровий буряк	тис. т	500,00
Природний газ	млн. м <sup>3</sup>	16,00
Вапняковий камінь	тис. т	20,00
Вугілля	тис. т	1,30
Сірка	тис. т	0,0245
Електроди	т	2,0
Суміш пропан-бутану	тис. л	2,6

Як зазначалося у розд. 3.1 для забезпечення продукції високої якості необхідно дотримуватися вимог технологічного процесу. Першою і найбільш важливою технологічною операцією при виготовленні цукру є якісне відділення від коренеплодів різного роду механічних включень, таких як чорнозем, глина, пісок, різного роду металеві включення, тощо. Всі ці додаткові включення із

коренеплодів вимиваються водою. Після забруднення, воду необхідно очищати, а тверді відходи утилізувати.

Мул після відстоювання води буде насичений чорноземом, піском, глиною, металевими включеннями. Окрім того даний мул буде містити хімічні сполуки у вигляді мінеральних домішок від нітратів та нітритів. У табл. 3.2. наведено результати аналізу складу та аналізу ґрунтів, які безпосередньо попадають у зону утворення цих відходів.

Таблиця 3.2.

### Показники складу ґрунтів

№ з/п	Назва інгредієнту	Вимірювання показників складу та властивостей ґрунтів			
		На межі СЗЗ мг/дм <sup>3</sup>	Біля забудови мг/дм <sup>3</sup>	На межі СЗЗ мг/дм <sup>3</sup>	Біля забудови мг/дм <sup>3</sup>
1.	pH (водна витяжка)	7,85	7,72	7,83	7,70
2.	Нітрати NO <sub>3</sub> (алюмокалієва витяжка)	143,0	148,0	142,5	147,0
3.	Сульфати (водна витяжка)	185,16	162,0	185,12	161,3
4.	Фосфати	356,12	308,0	355,10	308,4
5.	Хлориди	85,2	85,2	85,4	85,8
6.	Азот амонійний	25,04	24,9	24,02	24,5
7.	Кальцій	176,35	172,0	175,32	171,2

Як видно із табл. 3.2 показники складових хімічних сполук від забруднення ґрунтів де здійснюється виробничий процес виготовлення цукру відповідає нормам. Тобто додаткові включення, які надходять із коренеплодами на територію заводу не забруднюють навколишню територію нітратами та нітритами.

Наступним джерелом забруднення у технологічному процесі виготовлення цукру є використання води для дифузійних процесів, тобто для видалення із цукрової маси цукру. Для цього використовуються значні об'єми. Дана вода буде видалена із цукрової маси під час сушіння цукрової маси і формування кристалів цукру. Необхідно відзначити, що дана технологічна операція проводиться за високих температур. Тобто, температура дифузування та дезінфікування проходить за температури 90 °С. Для даного етапу технологічного процесу необхідно здійснювати генерування теплової енергії. Щодо забруднення

довкілля, то воно практично зводиться до нуля, оскільки не використовуються хімічні речовини або сполуки на їх основі, окрім вапна, яке є добрим дезинфікатором у даному технологічному процесі.

Наступною технологічною операцією є видалення води із цукрової маси та кристалізації цукру. Тобто дана технологічна операція також відбувається без забруднення, але із великими енергетичними затратами для генерування теплової енергії у вигляді гарячої води.

Після кристалізації готовий цукор поступає для пакування у мішки та відвантаження на склад готової продукції.

Підсумовуючи відходи даного технологічного процесу з виготовлення цукру, можна відзначити, що даний технологічний процес використовує значну, з точки зору шкідливості, кількість води для миття цукрового буряка та виготовлення цукру. Найбільше небезпечних відходів утворюється при здійсненні технологічної операції із підготовки коренеплодів до подрібнення. Як зазначалось у літературному огляді витрати води на одну тонну цукрового буряка необхідно до восьми тон води. Цей об'єм води необхідно буде і очищати від забруднення. Щодо подальших технологічних операцій, то вони не несуть небезпеки для навколишнього середовища та довкілля.

### **3.2 Характеристика відходів виробничого процесу**

Щодо виробничого процесу то він більш складніший в порівнянні із технологічним за кількістю утворених відходів та їх впливом на довкілля. Це пов'язано із тим, що виробництво цукру потребує значних енергетичних затрат на технологічні потреби та додаткових засобів для транспортування сировини та готової продукції.

Для перевезення сировини на територію підприємства використовується велика кількість автомобільного транспорту, який забруднює довкілля газами від внутрішнього згоряння двигуна. Це як правило великотоннажний автомобільний транспорт із значним споживанням паливно-мастильних речовин. Згоряння палива призводить до сильної загазованості довкілля на території підприємства.

У таблиці 3.3 наведено заміри шкідливих викидів від автомобільного транспорту при його роботі під час виробництва цукру. Дані результати включають викиди із хімічним аналізом після згоряння паливно мастильних речовин.

Таблиця 3.3.

Викиди від автомобільного транспорту

Назва забруднюючої речовини	Питомі викиди $A_{ij}, (т/т)$	Загальна витрата палива $M_i, (т)$	Кількість викидів $V_{ij}, (т)$
Азоту двоокис	0,0314	10,74	0,321
Азоту окис	0,00012	10,74	0,001
Сажа	0,00385	10,74	0,074
Діоксид сірки (діоксид та триоксид) В перерахунку на діоксид сірки	0,0043	10,74	0,054
Оксид вуглецю	0,0362	10,74	0,580
Бензапірен	0,00003	10,74	0,0002
Неметанові леткі органічні сполуки	0,00816	10,74	0,093
ВСЬОГО:	1,1232		
Парникові гази:			
Вуглецю діоксид	3,138	11,44	35,8987
Метан	0,00025	11,44	0,0029
ВСЬОГО:	35,9016		
РАЗОМ:	36,8632		

Як видно із табл. 3.3. викиди від автомобільного транспорту є стандартними для такого виду відходів. Для роботи важкого автомобільного транспорту необхідно затрати велику кількість палива. При згорянні даного палива будуть виділятися речовини які наведено у даній таблиці. Як видно із таблиці є питомі витрати, загальні витрати та кількість викидів. Дані відходи у вигляді загазованості будуть забруднювати атмосферне повітря.

Наступним джерелом забруднення атмосферного повітря є генерування теплової енергії, тобто підігрів води для технологічного процесу виготовлення цукрової продукції, для опалення приміщень, оскільки завод по переробці

цукрового буряка працює в осінньо зимовий період та для гарячої води для побутових потреб. Для цього на території підприємства є своя котельня, яка забезпечує генерування теплової енергії.

Для підігріву води використовується кам'яне вугілля, яке на сьогодні є найбільш вигідним паливом для такого типу виробництв. При згорянні кам'яного вугілля утворюється значна кількість шлаку та золи. Окрім того забруднюється атмосферне повітря шкідливими викидами від його згорання. Хоча при згорянні кам'яного вугілля утворюються різного роду небезпечні продукти, які впливають на довкілля. Але кам'яним вугіллям при опалюванні користується велика кількість споживачів не маючи при цьому системи очищення димових газів.

У таблиці 3.4 наведено хімічний склад речовин у димових газах, які виділяються під час згорання газу.

Таблиця 3.4.

Позначення	Найменування	Формула, джерело	Од. вимір.	Вихідні дані та результати розрахунку	
				№49	№50
-	Номер джерела викиду	-	-	№49	№50
-	Назва джерела викиду	вихідні дані	-	Свіча стр. газу з ГРП №1	Свіча стр. газу з ГРП №2
$F_c$	Площа сідловини клапана	РД 51-0220570-2-93	м <sup>2</sup>	0,0019625	0,0019625
$\rho$	Густина газу	вихідні дані	кг/м <sup>3</sup>	0,7294	0,7294
$P$	Робочий тиск в апараті	вихідні дані	МПа	0,6	0,6
$T$	Температура газу перед клапаном	вихідні дані	К	280,03	280,03
$Z$	Коефіцієнт стисливості газу		-	0,979	0,979
$K$	Коефіцієнт витрати клапана		-	0,6	0,6
$t$	Час перевірки запобіжних клапанів	вихідні дані	с	1	1
$V_{г}$	Об'єм газу на перевірку запобіжних клапанів	$37,3 \cdot 1000 \cdot F \cdot t \cdot P \cdot \sqrt{(Z/T) \cdot K}$	м <sup>3</sup>	1,558	1,558
$V$	Об'ємна витрата газу приведена до 20-хв інтервалу	$V_{г}/1200$	м <sup>3</sup> /с	0,0013	0,0013
$m$	Кількість запобіжних клапанів	вихідні дані	шт.	1	1
$n$	Кількість операцій за рік	вихідні дані	шт.	100	100
$G_{max}$	Максимальний викид приведений до 20-хв інтервалу осереднення	$V \cdot t \cdot 1000$	г/с	0,9482	0,9482
$G_{рік}$	Валовий викид	$V_{г} \cdot t \cdot n \cdot m / 1000$	т/рік	0,11364	0,11364

Наступним забруднювачем атмосферного повітря є утворений шлак після його згоряння. Такий шлак зберігається на відкритому повітрі і виділяє на протязі тривалого часу різного роду речовини. Такі речовини мають мінеральний і містять ранкініт ( $3\text{CaO}\cdot 2\text{SiO}_2$ ), бредигіт ( $\alpha\text{-}2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ) і псевдоволластоніт  $\alpha\text{-CaO}\cdot\text{SiO}_2$ . Шлаки із таким складом можуть використовуватися як адзевив для багатьох будівельних матеріалів.

Також у виробничому процесі використовується котли, які призначені для нагрівання води для опалення адміністративних будинків заводу та для побутових потреб. При згорянні шлаку утворюються також певна група дитмових газів, які мають забруднюючі речовини.

На території заводу із переробки цукрового буряка постійно проводяться різного роду зварювальні роботи, що пов'язані із ремонтом устаткування та плановими ремонтними роботами на протязі року коли виробництво цукру не відбувається.

У табл. 3.5 наведено шкідливі викиди від зварювальних робіт на підприємстві

#### Викид в атмосфері повітря під час зварювальних робіт

Таблиця 3.5.

Назва забруднюючої речовини	Питомі викиди, г/кг	Маса електродів, кг	Кількість викидів, т/період
Оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) в перерахунку на діоксид азоту	2,70	9700	0,02619
Оксид вуглецю	13,3	9700	0,12901
Фториди, легко розчинні	4,80	9700	0,04656
Фториди погано розчинні	2,70	9700	0,02619
Водень фтористий	1,36	9700	0,03640
Заліза (III) оксид	9,23	90	0,00083
Марганцю (IV) оксид	0,60	90	0,00005
Хрому (VI) оксид	0,17	90	0,00002
ВСЬОГО:	0,26525		

На території заводу із виробництва цукру є власна автозаправочна станція, яка забезпечує технологічний та виробничий процес паливно-мастильними речовинами. Від такої станції також буде відбуватися забруднення навколишнього середовища.

В таблиці 3.6 наведені відходи, які будуть утворюватися на території заправочній станції заводу

Таблиця 3.6.

Відходів, що утворюються під час експлуатації АЗС.

Код та найменування відходів за ДК 005:96	Клас небезпечки	Технологічний процес	Кількість відходів, т/період	Агрегатний стан та склад відходу	Видалення відходів
Залишки очищення резервуару для зберігання, що містять нафтопродукти 6000.2.9.17	III	Очистка резервуарів зберігання пального	3,175	Рідкий. Нафтопродукти – 64-76; вода – 20-32%; мех. Домішки – 4%	Передача за договором спеціалізованої організації
Пісок зіпсований, забруднений або неідентифікований, його залишки, які не можуть бути використані за призначенням 2663.1.1.02	III	Засипання під час розливу нафтопродуктів	0,50	Твердий. Окис кремнію, домішки	Передача за договором спеціалізованої організації
Відходи комунальні (міські) змішані, у т.ч. сміття з урн (ТПВ) 7720.3.1.01	IV	робітників Діяльність	Тверді. Скло, органіка, харчові відходи, папір	Передача за договором спеціалізованої організації	

Як видно із табл. 3.6 на заправочні станції утворюються відходи в основному третього та четвертого класу токсичності. Кількість таких відходів буде залежати від об'єму їх зберігання. Основна кількість таких відходів буде у осінньо-зимовий період коли завод буде працювати на повну потужність. Також необхідно і враховувати випари від паливно-мастильних речовин, які будуть відбуватися. Для відходів паливно-мастильних речовин повинні використовуватися спеціально відведені місця для їх зберігання та утилізації.

Для розуміння ситуації із відходами привиробництві цукрової продукції необхідно занти розсіювання концентрацій забруднюючих речовин в атмосферному повітрі.

У таблиці 3.7 наведено розсіювання концентрацій забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

Таблиця 3.7.

Розсіювання концентрації речовин в атмосферне повітря.

№ з/п	Назва речовини, сумарних показників	ГДК мг/м <sup>3</sup>	Фонові концентрації (частка ГДК)	Максимальні концентрації (в частках ГДК)								
				На межі ділянки підприємства		На межі нормативної СЗЗ – 300 метрів		На межі прилеглої житлової зони		На межі пропонуваної СЗЗ		
				Ср	Ср+Сф	Ср	Ср+Сф	Ср	Ср+Сф	Ср	Ср+Сф	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
<b>Південно західний (контрольна точка №1, 2)</b>												
1	Залізо та його сполуки	0,40	0,40	0,13	0,53	0,09	0,49	0,13	0,53	0,13	0,53	
2	Манган та його сполуки	0,01	0,40	0,19	0,59	0,13	0,53	0,19	0,59	0,19	0,59	
3	Недиференційований за складом пил	0,50	0,10	0,71	0,81	0,48	0,58	0,71	0,81	0,71	0,81	
4	Оксиди азоту	0,20	0,09	0,63	0,72	0,54	0,63	0,63	0,72	0,63	0,72	
5	Сірки діоксид	0,50	0,04	0,19	0,23	0,17	0,21	0,19	0,23	0,19	0,23	
6	Оксид вуглецю	5,00	0,08	0,86	0,94	0,75	0,83	0,86	0,94	0,86	0,94	
7	Вуглеводні граничні С <sub>12</sub> -С <sub>19</sub>	1,00	0,40	0,00	0,40	0,00	0,40	0,00	0,40	0,00	0,40	

Як видно із табл. 3.7. максимальна концентрація речовин у навколишнє середовище буде відбуватися для таких речовин, як залізо та його сполуки, недиференційований за його складом пил, оксид вуглецю, оксид азоту, сірки діоксид, тощо.

Можна продовжувати здійснювати аналіз шкідливих викидів в атмосферне повітря і від інших джерел забруднення довкілля виробничим процес з виготовлення цукрової продукції. Але ці викиди будуть незначними в порівнянні із вище наведеними викидами. Хоча що нехтувати у реальних умовах виробництва такими викидами також не можна. Але для зменшення таких

викидів можна забезпечити відповідні умови їх зберігання та утилізації за необхідності.

Підсумовуючи можна відзначити, що відходи та забруднення атмосферного повітря від виробничого процесу виготовлення цукрової продукції є значними. Основу небезпеки для атмосферного повітря несе котельня для генерування теплової енергії, заправна станція із паливно-мастильними речовинами, зварювальні роботи, які регулярно проводяться на території заводу та вихлопні гази від двигунів внутрішнього згоряння. Тому необхідно забезпечити очистку від загазованості та димових газів.

### **3.3. Висновки з розділу**

Підсумовуючи даний розділ роботи можна зробити наступні висновки:

1. Відходи із викладеного вище, що під час технологічного процесу з виготовлення цукрової продукції виникаю різного роду, які поділяються на відходи, що утворюються у технологічному процесі та відходи що утворюються у виробничому процесі.

2. Відходи, що утворюються у технологічному процесі, це відходи у вигляді забрудненої води різного роду додатковими включеннями, які знаходяться у коренеплодах, які потрапляють на завод із ланів. Ці відходи утворюються у великих масштабах, які відносяться до четвертого класу небезпеки. Тобто це відходи які можуть бути використані як піджива для сільськогосподарських угідь та для підживи садів. Такі відходи потребують додаткового очищення за необхідності при виявленні у них нітритів або нітратів. Інші види відходів технологічного процесу утворюються у вигляді стічних вод після виготовлення цукрової маси. Ці відходи не несуть небезпеку для навколишнього середовища оскільки сам технологічний поце проходить при високих температура до 90 °C та з використанням значної кількості вапна, яке використовується у технологічному процесі. Тому, відходи від технологічно процесу є, у великій кількості, але вони є безпечними для довкілля.

3. У виробничому процесі утворюється значна кількість відходів у вигляді шлаку після спалювання кам'яного вугілля. Цей шлак зберігається під відкритим небом на відповідній площадці для зберігання відходів. Кількість таких відходів становить декілька десятків тон. Дані відходи можуть бути використанні для повторної обробки. Наступними відходами у виробничому процесі є утворення димових газів, від спалювання вугілля та газу, шкідливі викиди від зварювальних робіт та вихлопні гази від автомобільного транспорту.

## РОЗДІЛ 4

### ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ЩОДО ЗМЕНШЕННЯ ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ У АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ

#### 4.1. Технологічні рішення щодо шкідливих викидів у технологічному процесі

У розд 3. вивчено та описано відходи при виробництві цукру у технологічному та виробничих процесах виготовлення цукрової продукції. На основі отриманих даних необхідно запропонувати рішення щодо заходів із зменшенням шкідливих викидів в атмосферне повітря під час технологічного процесу з виготовлення цукру.

При технологічному процесі виготовлення цукру викиди у атмосферне повітря будуть у вигляді парів від висушування цукрової маси та мокрого жому. Дані викиди необхідно обмежити. Для цього у димоходах де здійснюються дані викиди необхідно встановити відповідні установки для вловлювання шкідливих викидів (див розд 3).

У таблиці 4.1 наведено перелік необхідних установок, а саме для очистки повітря від сушильного барабану, очистки повітря від лінії транспортування та зберігання цукру та очистки повітря від транспортерів вугілля. Дані установки дозволяють очистити повітря від загазованості технологічним процесом виготовлення цукру.

У таблиці 4.1 наведено газоочисні установки, за якими здійснюється контроль викидів у цеху з виготовлення цукрової продукції

Таблиця 4.1

№ з/п	установки	Ефективність роботи III кв. 2022р.	Ефективність роботи IV кв. 2022р.	Стан
1.	Очистки повітря від сушильного барабану	96,11%	96,04%	задовільний
2.	Очистки повітря від лінії транспортування та зберігання цукру	88,57%	88,63%	задовільний
3.	очистки повітря від транспортерів вугілля	91,89%	91,87%	задовільний

На рис. 4.1 наведено схематичне зображення установки очистки газу від сушильного барабану.

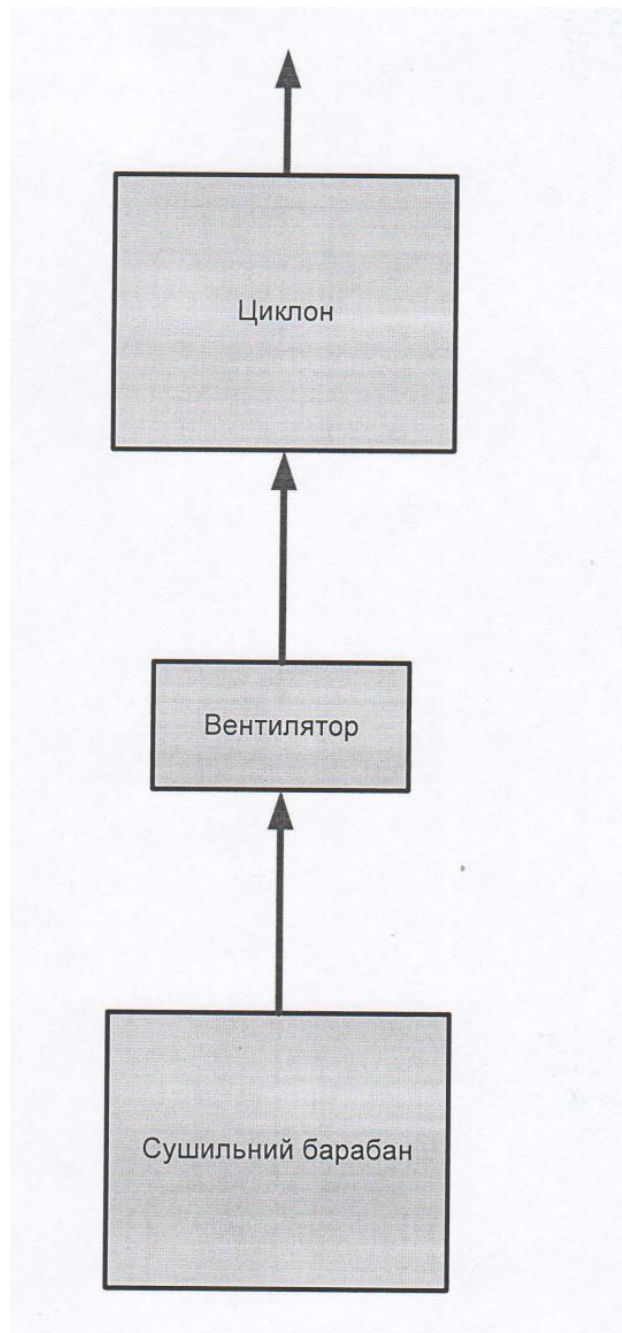


Рис. 4.1 Схематичне зображення установки очистки газу від сушильного барабану.

Як видно із схематичного зображення установки очистки газу від сушильного барабану складається із вентилятора та циклону.

На рис.4.2. наведене схематичне зображення установки очистки газу від лінії транспортування та зберігання цукру.

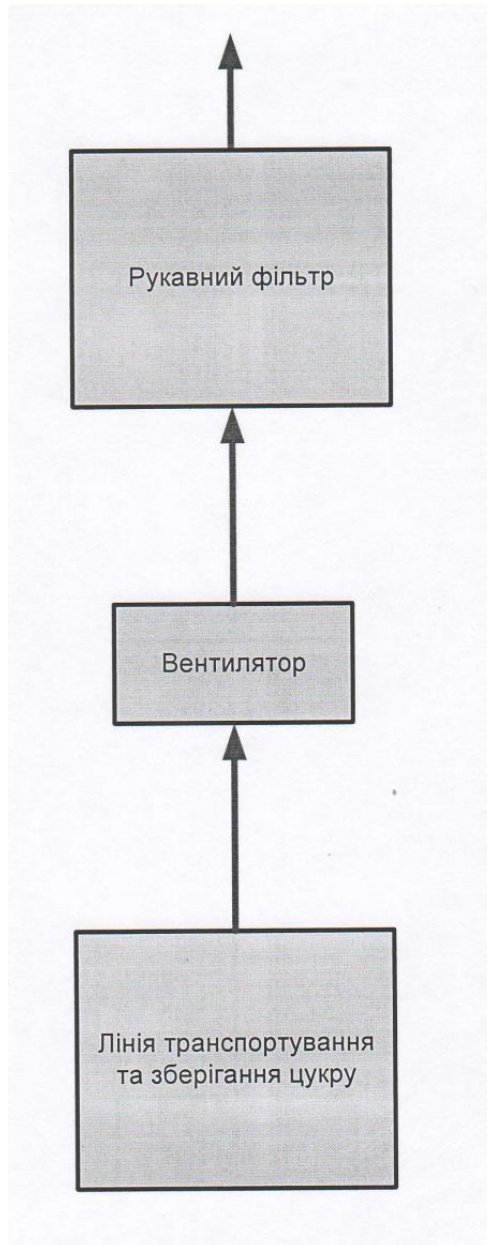


Рис. 4.2 Схематичне зображення установки очистки газу від лінії транспортування та зберігання цукру

Як видно із рис. 4.2. установка очистки газу від лінії транспортування та зберігання цукру складається із вентилятора та рукавного фільтра.

У табл. 4.2. наведено параметри роботи установки для очистки забруднюючих речовин для технологічного процесу виготовлення цукрової продукції на Козівському відділенні «Радехівський цукор»

## Параметри роботи установки для очищення газу.

№п/п	Найменування параметрів	Одиниця вимірювань	Показники роботи	
			затверджений ГДВ	фактичні
1	2	3	4	5
1	Об'ємна витрата (продуктивність по газопиловому потоку):			
	при нормальних умовах: (*)			
	на вході	тис.м <sup>3</sup> /год		5,416
	на виході	тис.м <sup>3</sup> /год		4,200
	при робочих умовах:			
	на вході	тис.м <sup>3</sup> /год		6,500
	на виході	тис.м <sup>3</sup> /год		4,930
2	Гідрравлічний опір	кПа	-	0,700
3	Температура газопилового потоку, що очищується:			
	на вході	град.С	-	46
	на виході	град.С	-	39
4	Тиск (розрідження) газопилового потоку, що очищується:			
	на вході	кПа	-	2,85
	на виході	кПа	-	2,15
5	Вологовміст газопилового потоку за нормальних умов		-	-
6	Масова концентрація забруднюючих речовин у газопиловому потоці, що очищується:(**)			
	на вході	мг/м <sup>3</sup>	-	1988,1
	на виході	мг/м <sup>3</sup>		99,9400
7	Витрати води зрошення	тис.м <sup>3</sup> /год	-	-
8	Тиск води (розчину) на зрошення	кПа	-	-
9	Ступінь очищення (ефективність роботи установки очистки газу)	%		96,11
10	Швидкість газопилового потоку в апараті	м/с	-	2,93
11	Масова витрата	г/с		0,119747
12	Швидкість газопилового потоку на виході з джерела викиду	м/с	-	0,89
13	Струм корони,	мА	-	-
	напруга корони	кВ	-	-

У табл. 4.3. наведено засоби вимірювання забруднюючих речовин для технологічного процесу виготовлення цукрової продукції на Козівському відділенні «Радехівський цукор»

## Засоби вимірювань забруднень

№ п/п	Назва засобу вимірювальної техніки	Заводський номер	Відомості Про повірку ЗВТ
1	Вимірювач швидкості ІС-1	405	Свід. № 33/0493 до 05.03.2022р.
2	Мановакуумметр цифровий ММЦ-200	295	Свід. № 35/03155 до 04.04.2022р.
3	Напірна трубка НИИОГАЗ і ПИТО ТН-2,0	045	первинна при виписці
4	Барометр-анероїд	0485	
5	Манометр рідинний		Тавро ІІІ квартал 2022 р.
6	Манометр МЦ-1Д		Тавро ІІІ квартал 2022 р.
7	Термометр ТЛ-5		ГОСТ 215-73
8	Вимірювач температури ІТ-1		Тавро ІІІ квартал 2022 р.
9	Рулетка	7934	ГОСТ
10	Штангенциркуль ШЦЦ-1	41933	Свід. № 1723 до 13.08.2022р.
11	Аспіратор сифонний АМ-5	048419	Свід. № 33/0496 до 05.03.2022р.
12	Секундомір механічний СОС	7579	Свід. № 30/872 до 05.06.2022р.
13	Хроматограф «Цвет-100»	1616	Свід. № 02ЧГ-2134 до 12.12.2022р.
14	Аспіратор «Тайфун Р-20-2»	1815	Свід. № 33/0495 до 05.03.2022р.
15	Газоаналізатор ОКСИ 5М	80452	Свід. № 84653/18 до 26.05.2022 р.

(назва ЗВТ та обладнання, заводський номер, відомості про повірку ЗВТ)

У технологічному процесі виготовлення цукру важливим є очистка газу від парів із можливим шкідливим вмістом.

У таблиці 4.4. наведено деякі результати вимірювань шкідливих викидів під час виготовлення цукру.

Таблиця 4.4

## Шкідливі викиди

Дати відбору проб та вимірювання	Назви виробництва, цеху, дільниці, джерела утворення ЗР, характеристика та навантаження під час відбору проб	Номер, назва ДВ, ДУ; місце відбору проб та Д або А x B перерізу газоходу, м	Параметри газопилового потоку (у місці відбору проб)					Назва ЗР	Номер об'єкт. проби	Масова концентрація ЗР рв		Масова витрата викиду ЗР q <sub>m</sub> , г/с	Норматив викиду		Відомості про МВВ			
			температура t <sub>г</sub> , °С	швидкість v, м/с	об'ємна витрата q <sub>v</sub> , м <sup>3</sup> /с	вміст кисню φ <sub>02</sub> , %	об'ємна витрата q <sub>v</sub> <sup>*)</sup> , м <sup>3</sup> /с			у пере-рахунку на норм. умови, мг/м <sup>3</sup>	рв, мг/м <sup>3</sup>		рв у пере-рахунку на мг/м <sup>3</sup>	масова витрата викиду ЗР q <sub>m</sub> , г/с	шифр МВВ	похибка вимірювання, **)	%, (Δ) P = 0,95	масової витрати ЗР q <sub>m</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
15.12.2022	Козівський підрозділ; Груба аспіраційна система сушального барабану (до очистки); Сушіння, очистка; Завантаження обладнання -100%	ДВ - 6 Місце відбору - №6 Діаметр джерела (звездний) - 0,886м.	44	2,90	1,519	-	1,787	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	6-1	1780,00	2094,28	3,181211	-	-	-	МВВ № 081/12-0161-05	± 418,856	± 0,6362
									6-2	1760,00	2070,748	3,145466					± 414,15	± 0,6291
									6-3	1740,00	2047,217	3,109723					± 409,443	± 0,6219
									6-4	1730,00	2035,451	3,091850					± 407,09	± 0,6184
									6-5	1710,00	2011,92	3,056106					± 402,384	± 0,6112
15.12.2022	Козівський підрозділ; Груба аспіраційна система сушального барабану (після очистки); Сушіння, очистка; Завантаження обладнання -100%	ДВ - 6 Місце відбору - №6 Діаметр джерела (звездний) - 1,4м.	38	0,88	1,173	-	1,385	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	6-6	91,00	105,041	0,126049	-	150	-	МВВ № 081/12-0161-05	± 21,008	± 0,0252
									6-7	89,00	102,732	0,123278					± 20,546	± 0,0247
									6-8	88,00	101,578	0,121894					± 20,316	± 0,0244
									6-9	86,00	99,269	0,119123					± 19,854	± 0,0238
									6-10	82,00	94,652	0,113582					± 18,93	± 0,0227

Підсумовуючи необхідно відзначити, що для очистки газів у технологічному процесі виготовлення цукру пропонується використовувати дві

установки. Одна установка для очистки газу від сушильного барабану та друга установка для очистки газу від лінії транспортування. Інше устаткування при виготовленні цукру не продукує газі, або забрудненого повітря, яке необхідно очищати. Наведено перелік засобів вимірювань забруднень, які виникають при виготовленні цукру.

#### **4.2. Технологічні рішення щодо шкідливих викидів у виробничому процесі**

У розділі 4.1 запропоновані рішення щодо очистки газу від сушіння та транспортування цукрової продукції. У даному розділі проаналізуємо, які технологічні рішення необхідно запропонувати у виробничому процесі виготовлення цукру. Як зазначалося у розділі 3 у виробничому процесі забруднення від твердих відходів атмосферного повітря. Із перерахованих джерел забруднення, нагального технологічного рішення потребує очищення загазованого повітря від генерування теплової енергії для технологічного процесу виготовлення цукру.

Щодо інших джерел забруднення загазованого повітря, то вони є незначним та очистка забезпечується стандартними засобами очистки. Тому пропонується здійснювати очищення загазованого повітря за допомогою циклону МЦ 200 .  
Схема роботи циклону наведено на рис. 4.3.

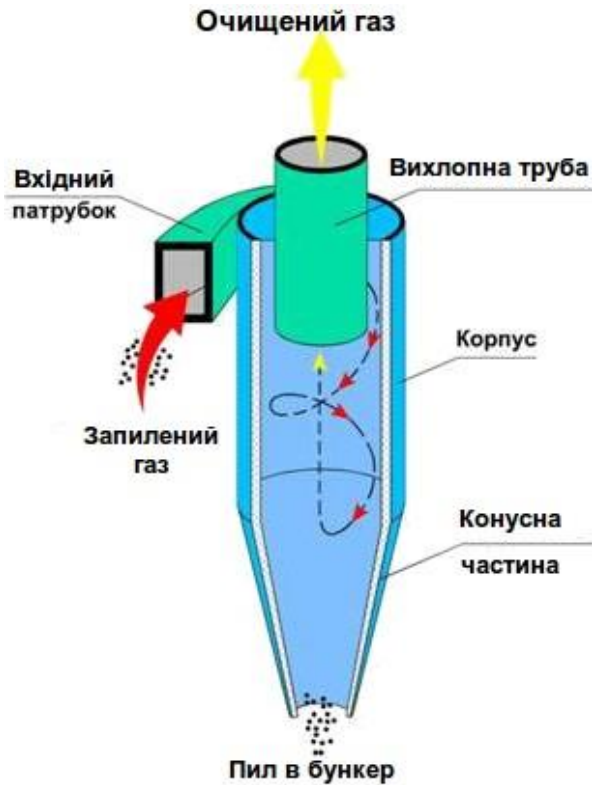


Рис. 4.3. Схема роботи циклону МЦ 200 для очистки загазованого повітря.

Це відцентровий вловлювач для твердих частино газу. Потужність такого циклону становить 200 кВт. Потужність 2000м<sup>3</sup>/год. Ефективність очистки 90 %. Працює система при високих температурах.

Щодо інших димових газів, то вони на заводі виготовлення цукру утворюються при спалюванні природнього газу для підігріву води для побутових потреб та потреб для генерування теплоносія для опалення приміщень.

$$C^{\wedge} = 79,5 \cdot (100 - 2,0 - 36,0) / 100 = 49,29\% ;$$

$$H^{\wedge} = 5,2 \cdot (100 - 2,0 - 36,0) / 100 = 3,22\% ;$$

$$S^{\wedge} = 3,7 \cdot (100 - 2,0 - 36,0) / 100 = 2,29\% ;$$

$$A^{\wedge} = 25,7(100 - 2,0) / 100 = 25,2\% ;$$

$$O^{\wedge} = 10,3(100 - 2,0 - 36,0) / 100 = 6,39\% ;$$

$$N^{\wedge} = 1,3 \cdot (100 - 2,0 - 36,0) / 100 = 0,806\% ;$$

$$V^{\wedge} = 39,0 \cdot (100 - 2,0) / 100 = 38,22\%$$

Показник емісії твердих частинок визначається :

$$K_{\text{ТВ}} = (104 / Q')$$

$$(A'/100 - \Gamma_{\text{вин}}) \cdot (1 - \mu_{\text{зу}}) + K_{\text{ТВ}} S, \text{ г/ГДж},$$

де:  $Q'$  – теплота згоряння,

$B$  – витрата палива за рік;

$A'$  – вміст золи, %

$\Gamma_{\text{вин}}$  – вміст горючих речовин;

%  $\mu_{\text{зу}}$  – ефективність очищення;

$K_{\text{ТВ}} S$  – показник емісії, г/ГД

Підсумовуючи можна зробити висновок, що для очистки газів від згоряння кам'яного вугілля пропонується технологічне рішення, а саме монтаж циклону марки МЦ 200, для очистки газів від твердих частинок. Наведено деякі розрахунки щодо викидів при згорянні вугілля.

### **4.3. Висновки з розділу**

За результатами четвертого розділу можна зробити наступні висновки:

1. У технологічному процесі з виготовлення цукрової продукції пропонується використовувати дві установки. Одна установка для очистки газу від сушильного барабану та друга установка для очистки газу від лінії транспортування.

2. Для очистки газів від згоряння кам'яного вугілля пропонується технологічне рішення, а саме монтаж циклону марки МЦ 200, для очистки газів від твердих частинок.

## РОЗДІЛ 5

### ОХОРОНА ПРАЦІ

#### 5.1. Безпека праці при виготовленні цукрової продукції

Щодо безпеки праці при виготовленні цукрової продукції то вона повинна відповідати сучасним умовам праці. Робота із виготовленням цукру є важкою та цілодобовою, оскільки технологічний процес є безперервним. Це вимагає додаткових заходів щодо проведення безпечної роботи. Окрім того, що технологічний процес безперервний, він ще і важкий, оскільки приготування продукції відбувається при підвищених температурних режимах, а сама продукція повинна відповідати санітарно-гігієнічним нормам. Тому, це все необхідно враховувати при підготовці працівників для роботи у даному технологічному процесі.

Спочатку проаналізуємо вимоги до працівників, які забезпечують виробничий та технологічний процес виготовлення цукру. Працівники у даному технологічному повинні дотримуватись правил техніки безпеки, оскільки при виготовленні цукру технологічне обладнання великогабаритне із рухомими механізмами. Цех з виготовлення цукру відноситься до цеху із високотемпературним режимом роботи. Температура приготування цукру проходить при температурі до 90 °С.

На рис. 5.1. наведено технологічне устаткування для виготовлення цукру.

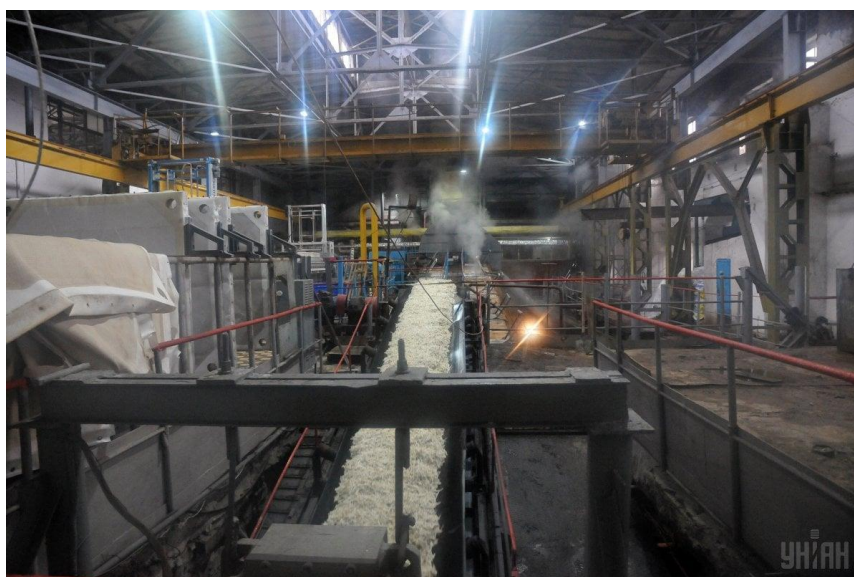


Рис. 5.1. Устаткування для виготовлення цукру

Робота у цехах із високотемпературним режимом є більш небезпечними ніж цехи із режимом роботи за температури +20 °С. У цехах із високотемпературними режимами роботи повинні мати добру вентиляційну систему. Це особливо актуально у цехах де температура виготовлення продукції сягає 90 °С.

Працівники у таких цехах повинні мати відмінне здоров'я, оскільки робота за високих температур має додаткове навантаження на організм. Тому працівники із серцево-судинними захворюваннями до роботи у таких цехах не допускаються. Перед початком роботою у цехах із високотемпературними режимами працівники повинні проходити замір артеріального тиску.

Щодо забезпечення засобами індивідуального захисту, то вони також повинні відповідати вимогам з техніки безпеки.

На рис. 5.2 наведено спеціальний одяг для роботи у цехах із підвищеними температурними режимами.



Рис. 5.2. Робочий одяг для роботи у цехах із високотемпературним режимом

Щодо організації робочого місця для роботи у цеху із виготовлення цукру, то вона також повинна відповідати вимогам та нормам з безпеки праці. Кожне робоче місце повинно відповідати вимогам із безпеки праці, всі рухомі механізми повинні бути огорожені, щоб частини тіла не могли потрапити під рухомі механізми обладнання. На рухомих частинах устаткування повинна бути аварійна кнопка екстреного гальмування рухомих та обертових механізмів.

Працівники на виході готової продукції повинні працювати у білих халатах та хустинках. На рис. 5.3.наведено технологічний процес виготовлення цукру



Рис. 5.3. Технологічний процес виготовлення цукру.

Щодо інструктажу із техніки безпеки, то такі інструктажі повинні проходити регулярно. Починаючи із інструктажу із загальної техніки безпеки до інструктажу на окремому робочому місці. Для цього на виробництві повинні бути заведені журнали із проходження техніки безпеки, які повинні бути прошитті і зберігатися на протязі десяти років.

Відповідальна особа на виробництві повинна контролювати техніку безпеки та відповідати за графік проведення інструктажів з техніки безпеки. Дана особа повинна бути закріплена за відділом із техніки безпеки. Такий відділ має мати штатних працівників, які повинні на постійній основі проходити стажування з техніки безпеки та протипожежної безпеки і отримувати посвідчення про проходження стажування.

Щодо забезпечення гігієни праці, то на заводі повинні бути забезпечені умови праці, із санітарно-гігієнічними нормами. Ці норми повинні забезпечувати нормальні умови роботи.

## **5.2. Екологічна безпека при виготовленні цукрової продукції**

Щодо екологічної безпеки то даний виробничий та технологічний процеси відноситься до безпечних виробництв. Це підтверджено відходами виробництва, які відносяться до четвертого класу небезпеки. Тобто це клас де не має небезпечних та шкідливих речовин. Ці відходи, які утворюються, легко піддаються утилізації або переробці. Тому необхідно впроваджувати додаткові заходи щодо із екологічної безпеки.

На рис. 5.4 наведено сучасний завод із виготовлення цукрової продукції.



Рис. 5.4. Сучасний цукровий завод

Щодо сучасних екологічних проблем для виробничих та технологічних процесів із виготовлення цукрової продукції, то вони вирішуються. Проблеми залишаються із великим енергетичними затратами та затратами на використання стічних вод.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

На основі аналізу та вивчення проблем при виготовленні цукрової продукції у моїй магістерській роботі можна зробити наступні висновки:

1. Здійснено аналіз щодо забруднення атмосферного повітря від виробничих та технологічних процесів із виготовлення цукрової продукції, та вплив викидів із різних джерел забруднення. Проаналізовано промислові тверді відходи які утворюються при виготовленні цукру та шляхи їх утилізації на цукрових заводах.

2. Досліджено та описано технологічні та виробничі процеси при виготовленні цукрової продукції. Поетапно вивчено кожен технологічну операцію та виробничі процеси із виготовлення цукрової продукції та відходи, які утворюються на кожній стадії технологічного та виробничого процесів.

3. Вивчено кількісний склад відходів, які утворюються на кожній технологічній операції та у виробничому процесі із виготовлення цукрової продукції. Виявлено небезпечні речовини, які виникають у процесі виготовлення цукрової продукції, та забруднення ними атмосферного повітря. Встановлено кількісні та якісні показники відходів, які забруднюють атмосферне повітря при генеруванні теплової енергії на базі Козовського відділення ТзОВ «Радехівський цукор»

4. Виробництво цукру за кількістю утворених відходів можна поділити на два процеси, технологічний та виробничий процес. Для зменшення шкідливих викидів у технологічному процесі запропоновано установки для очистки забрудненого повітря від сушильного барабану та установку для очистки забрудненого повітря від лінії транспортування та зберігання цукру.

5. Для виробничого процесу запропоновано технологічне рішення щодо очищення загазованого повітря від котельні, яка працює на вугіллі і забезпечує технологічний процес виробництва цукру тепловою енергією, здійснити монтаж циклону МЦ 200 для очистки загазованого повітря. Даний циклон призначений для вловлювання твердих частинок у газовій суміші після спалювання кам'яного

вугілля. Такий циклон призначений і для очищення газової суміші з підвищеними температурами.

6. Проаналізовано та запропоновано безпекові заходи, щодо роботи працівників у цеху з виготовлення цукрової продукції. Проаналізовано екологічну безпеку цукрових підприємств.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Зінченко, М., Пономаренко, Є., Букатенко, Н., Голубкіна, О. (2020). Анаеробна біологічна очистка стічних вод виробництва цукру. Вісник Національного технічного університету «ХПІ», 2(4), 3—10.
2. Сорокін, А., Скорик, К., Хоменко, М., Штангеев, К. (2015). Складові стічних вод буряко цукрового виробництва, заходи щодо зменшення їх кількості та витрат свіжої води. Цукор України, 11—12(119—120), 21—24.
3. Сорокін, А., Хоменко, М. (2015) Про технічну досконалість оборотних систем гідро- транспорту та миття буряків на цукрових заводах. Цукор України, 5(113), 8—12.
4. Апостолюк С.О., Джигирей В.С., Апостолюк А.С., Соколовський І.А., Сомар Г.В. Промислова екологія: Навч. посібник. К.: Знання, 2005. 474 с.
5. Відходи виробництва і споживання та їх вплив на ґрунти і природні води: Навчальний посібник. За ред. В.К. Хільчевського. К.: Видавничополіграфічний центр «Київський університет», 2007. 152 с.
6. Динько Інна. Сучасний стан цукрової галузі України: проблеми та перспективи розвитку. Економіст. 2012. №4. С. 40—41.
7. Запольський А.К., Українець А.І. Екологізація харчових виробництв: Підручник. К. : Вища школа, 2005. 423 с.
8. Коваленко О.О., Василів О.Б., Патік Т.П. Оцінка ефективності використання води на підприємствах харчової галузі: [http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/Otkhv/2010\\_25/ /Koval\\_2.pdf](http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/Otkhv/2010_25/Koval_2.pdf) (дата звернення 17.09.2020 р.).
9. Оборотні системи охолоджувального водопостачання в бурякоцукровому виробництві та сучасні технології обробки оборотних вод: Навч. посібн. К. : ПДО НУХТ, 2009. 60 с.
10. Разанов С.Ф., Вітер Н.Г., Ткачук О.П. Екологічна та техногенна безпека. Навчальний посібник для вивчення дисципліни. Вінниця: РВВ ВНАУ, 2013. 125 с.

11. В.М. Сторожук, О.В. Мельников, Б.Я. Кшивецький, Г.В. Сомар, І.А. Соколовський, О.М. Маєвська. Технології захисту навколишнього середовища. Поводження з відходами. Підручник. М-во освіти і науки України. Нац. лісотехн. ун-т України. – К. Вид. дім «Професіонал» 2023.–354 с. ISBN978-966-570-837-7.
12. Кшивецький Б.Я., Сторожук В.М., Маєвська О.М., Соколовський І.А., Гайда С.В. Методичні рекомендації для підготовки магістерської кваліфікаційної роботи зі спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища». Львів: НЛТУ України, 2023. – 44 с.
13. Петрук В.Г., Васильківський І.В., Петрук Р.В., Крусір Г.В., Клименко М.О., Сакалова Г.В. Технології захисту навколишнього середовища. Ч. 1 Захист атмосфери: підручник – Херсон. : Олді-плюс, 2019. – 432 с.
14. Петрук В.Г., Васильківський І.В., Петрук Р.В. Технології захисту навколишнього середовища. Ч. 2 Методи очищення стічних вод – Херсон. : Олді-плюс, 2019. – 298 с.
15. Антоненко Л.П. Очистка та рекуперація промислових викидів целюлозно- паперових виробництв: навч. посіб. / Л.П.Антоненко,І.М. Дейкун, М.Д. Гомеля. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 188 с.
16. Промислова екологія: Навчальний посібник / С. О. Апостолюк, В. С. Джигирей та ін. – К.: Знання, 2005. – 268 с.
17. Білявський Г. О., Бутченко Л. І., Навроцький В. М. Основи екології. Теорія та практикум: Навчальний посібник. – К.: Лібра, 2002. – 352 с.
18. Северин Л. І., Петрук В. Г., Безвозюк І. І., Васильківський І. В. Природоохоронні технології. Частина 1. Захист атмосфери: навчальний посібник – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 388 с.
19. Погребенник В.Д. Оперативне вимірювання інтегральних параметрів водного середовища та донних відкладів. Монографія. – Львів: СПОЛОМ, 2011.2. Катренко А.В. Системний аналіз об'єктів та процесів комп'ютеризації. – Львів: Новий світ. – 2004.
20. Теверовський Б.З. Розрахунки пристроїв для очистки промислових газів від пилу. Навч. посібник. – НМК ВО, 1991.

