

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра екології, хімії та технологій захисту довкілля

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))


**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему:

**«Обґрунтування заходів екологічної безпеки для підприємств цукрової галузі»**

Виконав: студент групи ТЗД-21 м  
спеціальності 183 – «Технології захисту  
навколишнього середовища»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

 Новосельцева В. Р.  
(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н., доцент кафедри ЕХТЗД

 Іщенко В.А.  
(прізвище та ініціали)

«12» грудня 2022 р.

Опонент: к.т.н., доцент кафедри ЕХТЗД

 Гордієнко О.А.  
(прізвище та ініціали)

«12» грудня 2022 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕХТЗД

д.т.н., проф. Петрук В.Г.

(прізвище та ініціали)

«13» грудня 2022 р.



Вінниця – 2022 року

## ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

Вінницький національний технічний університет  
Факультет Будівництва, цивільної та екологічної інженерії  
Кафедра Екології, хімії та технологій захисту довкілля  
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)  
Галузь знань – 18 «Виробництво та технології»  
Спеціальність – 183 – «Технології захисту навколишнього середовища»  
Освітньо-професійна програма – "Технології захисту навколишнього середовища"

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
**Завідувач кафедри ЕХТЗД**  
Петрук В.Е.  
«28» вересня 2022 року



### ЗАВДАННЯ

#### НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Новосельцевій Вероніці Русланівні



(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Обґрунтування заходів екологічної безпеки для підприємств цукрової галузі»  
керівник роботи Іщенко Віталій Анатолійович  
затвердені наказом вищого навчального закладу від «14» вересня 2022 року №203
2. Строк подання студентом роботи «13» грудня 2022 року
3. Вихідні дані до роботи: Звіт по інвентаризації викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел на Відділок №1 по переробці цукрової сировини ТОВ «ПК «Зоря Поділля» (Додаток В).
4. Зміст текстової частини:
  1. Основні технологічні процеси в цукровій промисловості України
  2. Забруднення повітря при виробництві цукру
  3. Вплив виробництва цукру на зміни клімату
  4. Забруднення водних ресурсів підприємствами цукрової промисловості
  5. Аналіз утворення відходів цукровими підприємствами
  6. Рекомендації щодо застосування природоохоронних технологій на підприємствах цукрової галузі
  7. Розрахунок економічної ефективності заходів зменшення викидів забруднювальних речовин

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Схема процесу виробництва цукру з цукрового буряку
2. Схема виробничої структури цукрового заводу
3. Перелік відходів від виробництва цукру та їх характеристики
4. Загальний вигляд шахтної печі зі змішаним подаванням
5. Показники переробки цукрового буряку Гайсинським цукровим заводом
6. Джерела забруднення повітря

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
7 Розрахунок економічної ефективності заходів зменшення викидів забруднювальних речовин	Краєвська Алла Станіславівна		

7. Дата видачі завдання «28» вересня 2022 року

#### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Розробка технічного завдання.	04.10.2022	виконано
2.	Літературний огляд та характеристика цукрової галузі	15.10.2022	виконано
3.	Дослідження впливу цукрової промисловості на довкілля	28.10.2022	виконано
4.	Проведення розрахунків викидів шкідливих речовин цукровим підприємством в атмосферне повітря	10.11.2022	виконано
5.	Розробка заходів для зменшення негативного впливу на довкілля виробництва цукру	20.11.2022	виконано
6.	Проведення розрахунків економічної ефективності від впровадження заходів для зменшення викидів забруднюючих речовин	05.12.2022	виконано
7.	Підготовка висновків, додатків і переліку літератури.	10.12.2022	виконано

Студент  (підпис) Новосельцева В. Р.

Керівник роботи  (підпис) Іщенко В. А.

## АНОТАЦІЯ

УДК 504.054

Новосельцева В.Р. «Обґрунтування заходів екологічної безпеки для підприємств цукрової галузі». Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 183 – «Технології захисту навколишнього середовища», освітня програма – «Технології захисту навколишнього середовища». Вінниця: ВНТУ, 2022. 98 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 38 назва; рис.: 9; табл.: 13.

У магістерській кваліфікаційній роботі проаналізовано аспекти виробництво цукру з цукрових буряків та негативний вплив на навколишнє середовище від виробничих процесів. Також було проведено оцінку забруднення атмосферного повітря, водоспоживання, утворення відходів Гайсинським цукровим заводом. Запропоновано природоохоронні заходи та підготовлені рекомендації щодо підвищення рівня екологічної безпеки і зменшення негативного впливу відвиробництва цукру на навколишнє природне середовище.

Ключові слова: виробництво цукру, підприємства, забруднення, забруднюючі речовини, природоохоронні заходи, довкілля.

## **ABSTRACT**

UDC 504.054

Novoseltseva V.R. "Substantiation of environmental safety measures for sugar industry enterprises". Master's degree in specialty 183 - "Environmental Protection Technologies", educational program - "Environmental Protection Technologies". Vinnytsia: VNTU, 2022. 98 p.

In Ukrainian language. Bibliography: 38 titles; fig.: 9; tab.: 13.

The master's qualification work analyzes the aspects of sugar production from sugar beets and the negative impact on the environment from production processes. An assessment of atmospheric air pollution, water consumption, and waste generation by the Haysyn sugar factory was also carried out. Environmental protection measures were proposed and recommendations were prepared to increase the level of environmental safety and reduce the negative impact of sugar production on the natural environment.

Key words: sugar production, pollution, pollutants, factory, nature protection measures, environment.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП.....</b>	<b>6</b>
<b>1 ОСНОВНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ В ЦУКРОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ.....</b>	<b>8</b>
1.1 ОЦІНКА СТАНУ ЦУКРОВОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ.....	8
1.2 ПРОМИСЛОВІ ЗАСАДИ ВИРОБНИЦТВА ЦУКРУ.....	13
<b>2 ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ЦУКРУ.....</b>	<b>19</b>
2.1 ДЖЕРЕЛА ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН В АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ.....	19
2.1.1 ОСНОВНЕ ВИРОБНИЦТВО ГАЙСИНСЬКОГО ЦУКРОВОГО ЗАВОДУ.....	19
2.1.2 ДОПОМІЖНЕ ВИРОБНИЦТВО ГАЙСИНСЬКОГО ЦУКРОВОГО ЗАВОДУ.....	23
2.2 РОЗРАХУНКОВА ХАРАКТЕРИСТИКА ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН ВІД ОСНОВНИХ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА ЦУКРУ.....	25
<b>3 ВПЛИВ ВИРОБНИЦТВА ЦУКРУ НА ЗМІНИ КЛІМАТУ.....</b>	<b>34</b>
3.1 ЗАГАЛЬНІ ТЕНДЕНЦІЇ ДО ЗМІНИ КЛІМАТУ.....	34
3.2 ВПЛИВ НА КЛІМАТ ПІД ЧАС ВИРОБНИЦТВА ЦУКРУ З ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ ТА ШЛЯХИ ЙОГО ЗМЕНШЕННЯ.....	36
<b>4 ЗАБРУДНЕННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ ПІДПРИЄМСТВАМИ ЦУКРОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ.....</b>	<b>49</b>
4.1 АНАЛІЗ ЗАБРУДНЕННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ В ЦУКРОВІЙ ГАЛУЗІ ВИРОБНИЦТВА.....	49
4.2 ЗАБРУДНЕННЯ ВОДИ ТА ЇЇ СПОЖИВАННЯ НА ПРИКЛАДІ ГАЙСИНСЬКОГО ЦУКРОВОГО ЗАВОДУ.....	51
<b>5 АНАЛІЗ УТВОРЕННЯ ВІДХОДІВ ЦУКРОВИМИ ПІДПРИЄМСТВАМИ.....</b>	<b>56</b>
5.1 ОПИС ПРОЦЕСУ УТВОРЕННЯ ВІДХОДІВ.....	56
5.2 УТВОРЕННЯ ЖОМУ НА ЦУКРОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ.....	58
<b>6 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ ПРИРОДООХОРОННИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ЦУКРОВОЇ ГАЛУЗІ.....</b>	<b>61</b>
6.1 НАЙКРАЩІ ДОСТУПНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ КОТЛОАГРЕГАТІВ.....	5
6.1.1 ЗМЕНШЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ДИМОВИХ ГАЗІВ.....	62
6.1.2 ЗМЕНШЕННЯ МАСОВИХ ВИТРАТ ДИМОВИХ ГАЗІВ ЗА РАХУНОК ЗНИЖЕННЯ НАДЛИШКУ ПОВІТРЯ ГОРІННЯ.....	64

6.1.3 ДОТРИМАННЯ НОРМАТИВНО - ДОПУСТИМИХ ВИКИДІВ ОКСИДУ ВУГЛЕЦЮ ТА АЗОТУ ДІОКСИДУ.....	65
6.1.4 МОНІТОРИНГ І ВИМІРЮВАННЯ.....	65
6.2 НАЙКРАЩІ ДОСТУПНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ВИПАЛЮВАЛЬНИХ ПЕЧЕЙ ВАПНЯКУ.....	68
6.2.1 ПОКРАЩЕННЯ ПРОЦЕСІВ ВИПАЛЮВАННЯ ВАПНЯКУ.....	68
6.2.2 ОПИС ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ВАПНА.....	69
6.2.3 ВИПАЛЮВАННЯ ВАПНЯКУ В ПЕЧАХ.....	70
6.2.4 РЕГУЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВИПАЛЮВАННЯ ВАПНЯКУ.....	72

## **7 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ**

<b>ЗМЕНШЕННЯ ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮВАЛЬНИХ РЕЧОВИН.....</b>	<b>75</b>
7.1 ЕКОЛОГІЧНИЙ ПОДАТОК.....	75
7.1.1 РОЗРАХУНОК ЕКОЛОГІЧНОГО ПОДАТКУ.....	77
7.2 РОЗРАХУНОК ЗАГАЛЬНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИРОДООХОРОННИХ ЗАХОДІВ.....	78
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>81</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....</b>	<b>82</b>
<b>ДОДАТОК А.....</b>	<b>87</b>
<b>ДОДАТОК Б.....</b>	<b>88</b>
<b>ДОДАТОК В.....</b>	<b>89</b>
<b>ДОДАТОК Г .....</b>	<b>90</b>

## ВСТУП

**Актуальність.** Цукрова галузь харчової промисловості завжди була найрозвинутішою серед інших галузей національної економіки України.

Виробництво цукру вже багато років займає одне з головних місць в економіці за кількістю виробленої продукції, за чисельністю підприємств, ступенем технологічного забезпечення, потужністю виробництва, кількістю кваліфікованих кадрів.

Цукрова промисловість є найскладнішою за технологічними процесами посеред інших галузей харчової промисловості. Велика кількість складних процесів призводить до утворення значних викидів в атмосферне повітря, має найбільший показник водоспоживання та утворення відходів у ході виробництва. Тому оцінка впливу на довкілля підприємств харчової галузі є актуальною задачею.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дана робота виконувалась відповідно науковому напрямку кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля ВНТУ і Закону України про основні засади (стратегія) державної екологічної політики України на період до 2030 року.

**Метою роботи** є екологічна оцінка впливу виробництва цукру з цукрових буряків, а також аналіз шляхів зменшення негативного впливу на довкілля шляхом впровадження природоохоронних технологій.

**Завдання роботи.** Для досягнення поставленої мети були сформульовані наступні задачі:

1. Охарактеризувати основні технологічні процеси в цукровій промисловості України.
2. Дослідити забруднення повітря при виробництві цукру.
3. Проаналізувати вплив виробництва цукру на зміни клімату.
4. Дати оцінку забрудненню водних ресурсів підприємствами цукрової промисловості.
5. Провести аналіз утворення відходів цукровими підприємствами.



6. Розробити рекомендації щодо застосування природоохоронних технологій на підприємствах цукрової галузі.

7. Розрахувати економічну ефективність заходів зменшення викидів забруднювальних речовин.

**Об'єкт досліджень** – вплив виробництва цукру на природне середовище

**Предмет досліджень** – параметри забруднення довкілля цукровими підприємствами.

**Новизна одержаних результатів.** Набуло подальшого розвитку наукове обґрунтування природоохоронних заходів у цукровій галузі, що дозволить зменшити вплив на довкілля цукрових підприємств.

**Практична цінність роботи** полягає у розробленні рекомендацій щодо зменшення негативного впливу на довкілля підприємств цукрової галузі.

**Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи.**

Викладені у МКР положення доповідались у щорічних науково-технічних конференціях ВНТУ (2021, 2022 рр.).

**Публікації результатів магістерської кваліфікаційної роботи.**

1. Новосельцева В.Р. Забруднення води в цукровому виробництві. Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Інноваційні технології в будівництві», 2022. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2022/paper/view/16807>.

2. Новосельцева В.Р. Впровадження найкращих доступних технологій у підприємствах цукрової галузі. Матеріали I Науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету, 2021. Режим доступу: [https://conferences.vntu.edu.ua/public/files/1/vntu\\_2021\\_netpub.pdf](https://conferences.vntu.edu.ua/public/files/1/vntu_2021_netpub.pdf).

# 1 ОСНОВНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ В ЦУКРОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ

## 1.1 Оцінка стану цукрової галузі України

Виробництво вітчизняного цукрового буряку має циклічний характер, що тримається вже близько 10 років. За декілька останніх років в Україні показники цукровиробництва свідчать про підвищення середньої врожайності цукрових буряків. В періоди нестабільного виробництва цукрового буряку на внутрішньому ринку країни суттєво збільшуються ціни на сировину. Виробники змушені розширювати власні посівні площі. Унаслідок збільшення виробництва призводить до критичного зменшення цін на внутрішньому ринку країни, оскільки на відбувається дисбаланс попиту та пропозиції: пропозиція перевищує попит.

Найвагомішу частку серед витрат на виробництво цукру складають витрати на сировину, матеріали, а також на енергетичні ресурси [1]. Собівартість виробленої продукції залежить в основному від трьох компонентів (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 – Залежність собівартості цукру від собівартості цукрових буряків.

Врожайність, ц/га	300	350	400	450	500	550	600
Видатки на виробництво 1 т. цукрових буряків, \$	50	43	37	33	30	27	25
Коефіцієнт галузі	14,6						
Видатки на виробництво 1 т. цукру, \$/грн.	730/ 9490	628 /8164	540/ 7020	482/ 6266	438/ 5694	394/ 5122	365/ 4745

В Україні великі агрохолдинги переймають на себе більшу частку від виробництва цукру. Приблизно 69,7% виробленого цукру в Україні було випущено такими промисловими компаніями у 2018 році [2].

На даний час спостерігається схильність до збільшення частки виробництва цукру потужними компаніями, в той час як малопотужні підприємства змушені зачинятися через сильну ринкову конкуренцію та великі витрати на переобладнання, що скомплікована недостатністю фінансування. В таблиці 1.2 наведено показники виробництва цукру деякими компаніями в період з 2016 по 2018 роки.

Таблиця 1.2 – Виробництво цукру компаніями в період з 2016 по 2018 роки

Найменування підприємства, компанії	2016		2017		2018	
	Вироблено цукру, тис.т	Частка, %	Вироблено цукру, тис.т	Частка, %	Вироблено цукру, тис.т	Частка, %
ТОВ «Фірма «Астарта-Київ»	504,859	25,14	462,864	22,48	351,979	19,32
ТзОВ «Радехівський цукор»	248,861	12,39	433,065	21,03	335,483	18,41
ТОВ «Укрпромінвест Агро»	252,945	12,60	241,315	11,72	291,771	16,01
Агрофірма «Світанок»	130,042	6,48	103,298	5,02	110,501	6,06
ТОВ «АСПІК ГРУП»	-	-	85,763	4,16	59,909	3,29
ТОВ «Компанія Галчина-цукор»	81,940	4,08	-	-	-	-
ТОВ «ПАНДА»	38,845	1,93	56,137	2,73	65,340	3,59
ТОВ «Галс-ЛТД»	53,983	2,69	49,421	2,40	55,058	3,02
Всього:	1311,475	65,31	1431,863	66,9	1270,041	69,70
Всі інші цукрові заводи	696,432	34,69	709,00	33,13	549,959	30,30

Агропромисловий холдинг «Астарта-Київ», потужністю переробки цукрового буряку 40 тис. т. за добу, є виробником цукру номер один. Агропрохолдинг у своєму складі має вісім цукропереробних заводів, які у сезон

2017–2018 рр. випустили 351,979 тис. т бурякового цукру. Друге місце серед виробників цукру посідає ТзОВ «Радехівський цукор», що належить німецькій компанії Pfeifer & Langen. Третій за обсягами виробництва ТОВ «Укпромінвест Агро» [2].

«УКРПРОМІНВЕСТ-АГРО» є однією із головних вертикально-інтегрованих агропромислових компаній України. Компанія працює у чотирьох напрямках народного господарства: вирощуванні сільськогосподарських культур, виробництві цукру, молочно- м'ясному тваринництві, виробництві борошна.

Цукровий напрям «УКРПРОМІНВЕСТ-АГРО» представлено Крижопільським та Гайсинським цукровими заводами. Обидва розташовані на території Вінницької області поблизу полів для вирощування цукрових буряків виробничими підрозділами підприємства. Переробні потужності повністю забезпечені сировиною компанії, що дає змогу регулювати собівартість, гарантувати якість продукції та незалежність від постачальників.

За обсягами переробки та показниками виходу цукру заводи «УКРПРОМІНВЕСТ-АГРО» стоять на чолі найпотужніших українських цукрових підприємств. У 2018 році. Крижопільський цукровий завод встановив рекорд за 195 років українського цукроваріння, виробивши 171 тис. т. цукру за один виробничий сезон.

Цукровими підприємствами «УКРПРОМІНВЕСТ-АГРО» у 2019 році було вироблено 228 тис.т. цукру, що котрий раз робить компанію третьою у списку найбільших виробників цукру в Україні.

Гайсинський цукровий завод у виробничому сезоні 2020 року переробив 620 тис.т. цукрового буряку при цьому виробивши 80,9 тис. т. цукру, що дало вихід у 13,04 % (таблиця 1.3).

Таблиця 1.3 – Показники переробки цукрового буряку Гайсинським цукровим заводом

Рік	Потужність переробки, т/добу	Перероблено цукрового буряку, тис. т.	Вироблено цукру, тис. т.	Вихід цукру, %
2020	6914	620	80,9	13,04
2019	7300	683,9	111,8	16,3
2018	6625	940,74	120,6	12,8
2017	6485	691,78	105,52	15,25
2016	7358	738,00	117,02	15,86
2015	7612	692,00	104,05	15,04
2014	6952	720,30	106,31	14,76
2013	6885	633,40	82,35	13,00
2012	6295	688,00	99,02	14,39
2011	5590	570,20	80,57	14,13
2010	5336	402,60	46,61	11,58

На даний час потужність добової переробки складає 7 тис. тонн, тому завод входить до п'ятірки найбільших українських підприємств з переробки буряку.

Компанія «УКРПРОМІНВЕСТ-АГРО» придбала Гайсинський цукровий завод на початку 2000-х років. З 2006 року було розпочато потужні модернізацію, яка дозволила підвищити добову потужність переробки. За цей час підприємство виведено на показники роботи, що відповідають європейським стандартам.

У завод було вкладено інвестиції, що націлені на реконструкцію та модернізацію. У Гайсинський цукровий завод було вкладено близько 57 млн. доларів США.

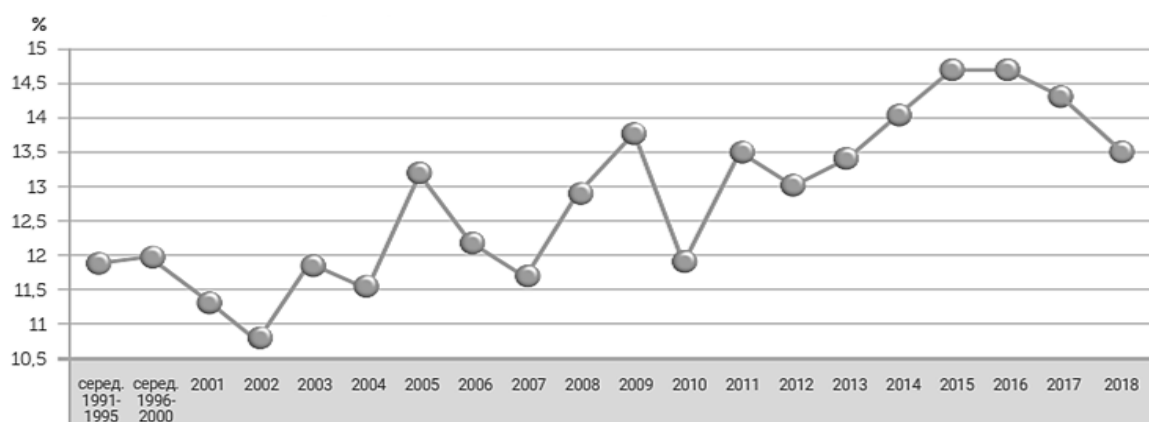
Одні із масштабних модернізацій були проведені у 2019 році. Було проведено модернізацію випарної станції, шляхом встановлення додаткового пристрою плівкового типу; парові котли було переведено на біопаливо; в експлуатацію було введено I лінію жомосушильного комплексу, що працює на

біопаливі; зберігання цукрових буряків переведено на нову американську технологію з активною вентиляцією в кагаті.

Вихід на міжнародний ринок цукру неможливий без підвищення якості продукції до державних та європейських стандартів. Згідно діючого стандарту України ДСТУ 4623:2006, цукор кристалічний поділяється на 4 категорії за фізико-хімічними показниками [3]. Найменшими вимогами до світового ринку є постачання цукру 1 та 2 категорій. Окрім цього продукція зобов'язана відповідати системі ХАССП за санітарногігієнічними нормами, які повинні бути підтверджені відповідними сертифікатами.

Аналіз експорту цукру за останні роки показав, що український товар може бути конкурентний на міжнародному ринку. [4].

По Україні з 2015 року можна спостерігати тенденцію до зниження виходу цукру. Вихід цукру у відсотковому значенні відповідно до року представлений на рисунку 1.1.



Рисунк 1.1 – Вихід цукру у відсотковому значенні відповідно до року

Загальною причиною зниження показників виробництва цукру стають метеорологічні умови, що супроводжувалися засухою, яка призводить до зниження запасів води по регіонах країни. Проте, низький рівень валового збору сировини, частково може бути компенсований, за рахунок більшого вмісту цукру в цукрових буряках.

Переробку цукрових буряків та виробництво цукру у 2020 році проводять 30 цукрових заводів. За виробничий сезон 2020-2021 років цукровими заводами

України було перероблено 7,70 млн тонн цукрових буряків та виготовлено 1021,1 тис. тонн цукру [4].

## **1.2 Промислові засади виробництва цукру**

Буряк з поля прямує на бурякопункт. З бурякопункту на виробництво цукровий буряк подається за допомогою води по гідравлічному транспортеру, що являє собою жолоб із заліза, бетону, цегли, що під кутом направлений в сторону заводу. До жолобу гідравлічного транспортеру буряк змивається водою під надлишковим тиском 0,2-0,3 МПа за допомогою гідрантів і з водою потрапляє на завод. Споживання води складає 700-800% до маси буряка.

Буряк, що направляється на переробку, містить 5-10% домішок у вигляді піску, каміння та ґрунту. Відділення домішок починається в гідротранспортері, який піскоуловлювачі і каменеуловлювачі.

При русі суміші буряків і води по гідравлічному транспортеру різниця в густині поділяє буряк і домішки на висоті потоку. Важкі домішки опускаються на дно транспортера. Вище в потоці рухається буряк, який має щільність близьку до 1, що дозволяє підтримувати буряк зваженому стані у водяній суміші.

При русі буряка по гідравлічному транспортеру частина механічних домішок відділяється, але залишаються домішки у вигляді прилиплої землі до коренеплодів. Для їх відділення буряк подається в мийне відділення. Промивний посуд це наповнений водою жолоб, усередині якого знаходиться вал з кулаком. Кулак утворює спіральну лінію та діє як шнек. Під час руху буряків відокремлюються домішки. Машини для мийки буряка мають піскоуловлювачі та каменеуловлювачі.

Після мийки буряк рухається у верхнє відділення, для забезпечення гравітаційного опускання на автоматичні ваги та бурякорізки.

Цукор з буряка отримують дифузійним способом. Для цього буряк подрібнюють в тонку стружку пластинчатої форми. Якість пластинок впливає

на роботу дифузійної установки. Далі бурячні пластинки переміщуються у відділення для отримання дифузійного соку.

Дифузійний процес в цукровому виробництві дає змогу отримати із стружки буряка максимально можливу кількість сахарози. Для цього стружку обшпарюють: нагрівають до температури денатурації протоплазми бурячних клітин.

Дифузійний процес являє собою складний комплекс. Спочатку відбувається дифузія цукру з розірваних при розрізанні буряка в стружку клітин (вільна дифузія), потім починається проникнення води в клітинний сік (осмос) і після нагрівання стружки до 600 °С (обшпарювання) починається основний процес вивільнення цукру з вакуолею клітин буряка дифузійний сік (діаліз).

Процес отримання дифузійного соку має природні обмеження. Відбір соку складає 115-130%, тобто зі 100 кг стружки добувають 115-130 кг соку, який містить 25% сухих речовин, з них 17,5% складає сахароза, а 7,5% нецукристі речовини. При більшому відборі збільшуються витрати води на знецукрення стружки і збільшуються витрати палива та електроенергії на випарювання зайвої води при згущенні соку.

Дифузійний сік чорного кольору, пінистий, рН 6,0-6,5, містить кліткову тканину, розчинні нецукри, що заважають кристалізації сахарози й збільшують її втрату з мелясою.

Це унеможлиблює отримання цукру прямим випарюванням води і кристалізацією сахарози, що вимагає очищення соку. Взагалі очищення відбувається в декілька стадій:

- 1) дефекація – обробка соку вапном;
- 2) перша сатурація – обробка соку діоксидом вуглецю для видалення залишків вапна; фільтрування
- 3) друга сатурація;
- 4) фільтрування
- 5) сульфитація – обробка соку сірчанним газом.



1. Дефекація. При дефекації відбувається нейтралізація фосфорної, щавлевої, лимонної, винної та інших кислот й їх осадження у вигляді нерозчинних солей кальцію.

При дефекації створюються оптимальні умови для утворення щільного осаду, що добре фільтрується. Сік оброблюється вапняним молоком з розрахунку загальної витрати вапна в перерахунку на  $\text{CaO}$  2,5% до загальної маси буряка. Дефекація проводиться в дефекаторі, що представляє собою циліндричну посудину з конічним дном. Усередині дефекатора знаходиться вал з лопатевою мішалкою і чотирма лопатями, які енергійно перемішують сік і лаймове молоко. Дифузійний сік та вапняне молоко надходять у нижню частину дефекатора, де змішуються і через верхнє сопло прямують на наступний щабель.

2. Перша сатурація. Одразу після дефекації сік разом з осадом потрапляють в сатуратор, де через нього продувають сатураційний газ, що містить 30-36%  $\text{CO}_2$ . В соку, що надходить на першу сатурацію, близько 10% вапна знаходиться в розчині, а 90% – у вигляді осаду. При продування  $\text{CO}_2$  майже все вапно випадає в осад у вигляді вуглекислого кальцію ( $\text{CaCO}_2$ ). Чим більше утворюється  $\text{CaCO}_2$  і чим менше його часточки, тим повніше відбувається очищення соку.

Перша сатурація відбувається в протитічному сатураторі - циліндричній посудині з конічним дном та розширеною верхньою частиною, для того, щоб сік не пінився. Дефекований сік подається зверху, а насичення газом відбувається при подачі його знизу. Чим більша швидкість сатурації, тим менше часточки осаду і вище їх адсорбційна здатність.

Відсатурований сік видаляється з дна сатуратора через регульований переливний резервуар. Це поділено на два потоки: один повертається до дефекації, а інший – до фільтрації.

3. Друга сатурація. На другу сатурацію надходить добре відфільтрований сік першої сатурації для подальшого видалення вапна та солей кальцію, присутність яких погіршує процеси варіння соку, призводить до утворення

накипу на стінках випарних апаратів, збільшує втрату цукру.

4. Фільтрування соку. Сік у процесі очищення фільтрують декілька разів: після I та II сатурації, а також фільтрують сироп після згущення соку у вакуум-апаратах. Фільтрування соків після I та II сатурації здійснюють для видалення часточок, що не випали в осад. Сік I сатурації має вміст твердих часточок близько 5%, сік II сатурації – 0-0,5%.

5. Сульфитація. Останньою стадією очищення дифузійного соку є сульфитація, тобто обробка соку діоксидом сірки. Ціль сульфитації - знебарвлення соку, а також його знезараження.

Сульфитація проводиться в орошальних сульфітаторах.

Не дивлячись на достатньо складний комплекс дій по очищенню дифузійного соку, виходить відділити лише 35-40% нецукрів соку. Інші 60-65% переходять в мелясу, знижуючи вихід цукру.

Отриманий очищений сік містить 15-16% сухих речовин, з яких 14-15% складає сахароза. Щоб виділити сахарозу необхідно згустити сік і отримати перенасичений цукром розчин. Всього при згущенні з очищеного соку видаляють 110-115% води до маси буряка.

Після згущення сиропу до вмісту сухих речовин 65% проводять його очищення. Очищений сироп направляють у вакуум-апарати для отримання й варіння утфелю.

Очищений сироп, що містить 65% сухих речовин, уварюється. Продукт, який отримали після уварювання сиропу, називають утфелем, має у складі близько 7,5% води і близько 55% цукру, що кристалізувався.

Уварювання утфеля проводять періодично в вакуум-апаратах у чотири стадії: згущення сиропу до перенасичення розчину, заводка кристалів цукру (утворення центрів кристалізації сахарози), нарощування кристалів цукру, кінцеве згущення та спуск утфеля.

Коли кристали сахарози досягнуть необхідної величини, утфель доводять до максимально можливої концентрації сухих речовин 92,5%, при цьому його температура не повинна перевищувати 75°C.

Уварений утфель одразу ж центрифугується. Для цього використовують автоматизовані центрифуги. Центрифугування відбувається під дією центробіжної сили. На поверхні кристалів цукру залишається тонка плівочка, що надає кристалам жовтуватого кольору. Щоб видалити її, тут в центрифугу ведуть очищення артезіанською водою.

6. Сушка цукру. Використовують два апарати з барабанами, що обертаються. Всередині, на стінках, закріплені залізні лопатки. При обертанні барабанів цукор-пісок пересипається й пересувається по барабану. До першого сушильного барабану подається гаряче повітря. Для охолодження цукру в камеру охолодження подається повітря без підігріву. Готовий цукор-пісок направляють на пакування.

7. Склади зберігання. Для зберігання продукції на території підприємства використовується три закритих склади зберігання цукру. Цукор зберігається у фасованому вигляді (мішках). Склади обладнані витяжними вентиляціями. В результаті зберігання цукру можливе виділення пилу цукру в атмосферне повітря.

8. Жом. Жом, який являється відходом виробництва на цукровому заводі зберігається у спеціально облаштованому жомосховищі. Дно жомової ями забетоноване, а стіни викладені з каміння. Це дозволяє не допустити просочування жодних забруднюючих речовин та жомової води в ґрунти.

Для поліпшення умов зберігання жому, покращення технологічного процесу виготовлення цукру та зменшення енерговитрат в бурякопереробному відділенні встановлено горизонтальні жомові преса типу PDV, потужністю 8 тис. тон буряку-стружки на добу. Свіжий жом, що виходить з дифузійного апарату, пресують до вмісту сухих речовин, що дає можливість повертати жомопресову воду на дифузію. Після пресів жом направляється на реалізацію та/або у жомосховище.

В технологічному процесі віджиму стружки буряка передбачена додаткова обробка пресованого жому дезинфікуючими та антибактеріальними засобами, що додатково зменшує мікробіологічне бродіння жому.

Найбільш раціонально зберігати жом в зневоденому вигляді, що виключає втрати поживних речовин і підвищує його придатність до транспортування. Кінцевий продукт (зневоднений жом), що містить до 88% сухих речовин, на сьогоднішній день отримують шляхом механічного зневоднення в пресах з подальшим висушуванням в жомосушильних відділеннях.

Свіжий жом містить значну кількість вологи (до 94%), тому його сушіння є економічно не вигідним. Для зменшення витрат тепла на сушку значна частина води із свіжого жому видаляється за допомогою пресів з доведенням вмісту сухих речовин в жомі до 25 %.

Отримання сухого жому здійснюється наступним чином. Віджати до максимально можливого вмісту сухих речовин сирий жом подають всередину барабана через завантажувальний жолоб, що розміщений в кінці топки. Жом падає на спіральні насадки в першій частині барабанної сушарки, в результаті обертання барабану рухається в сторону хрестовидних насадок. Серед хрестоподібних лопаток прямує безперервний потік стружки з лопаті на лопать, а рух пульпи в результаті топкових газів відбувається в попутному напрямку (прямотоком).

Внаслідок високої температури газів, жом швидко прогрівається до температури кипіння сокової вологи і процес вологоводалення протікає в режимі випарювання в шарі, що пересипається, що забезпечується обертанням барабана і наявністю перекидних лопаток і насадок. Відпрацьовані топкові гази і частинки сухого жому видаляються назовні за допомогою вихідних патрубків і після очищення в пилогазоочисному обладнанні видаляються через трубу в атмосферне повітря.

Сухий жом поступає шнеком в цех гранулювання, звідки готові гранули відвантажуються на автотранспорт для подальшої реалізації. В процесі аспірації цеху грануляції та при відвантаженні на автотранспорт в атмосферне повітря надходить пил сухого бурякового жому.

Схема виробничого процесу приведена на рисунку Г.1 (Додатку Г).

## **2 ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ЦУКРУ**

Характеристика джерел утворення та викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря у даному розділі приводиться на основі даних наданих Відділком №1 по переробці цукрової сировини ТОВ «ПК «Зоря Поділля» [5], що розташований у Вінницькій області, Гайсинському районі, м. Гайсин, вул. Заводська, 150. Підприємство спеціалізується на виготовленні цукру-піску та гранульованого жому із цукрового буряка. Завод сезонного типу (сезон триває 110 днів).

### **2.1 Джерела викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря**

#### **2.1.1 Основне виробництво Гайсинського цукрового заводу**

Основне виробництво включає котельню, склади вапняку та вугілля, вапнякове відділення, сульфитацію води, сатурацію води, згущення та кристалізацію цукру, сушку цукру, сушку та гранулювання жому.

Схема виробничі структури приведена на рисунку Г.2 (Додатку Г).

#### **Котельня**

Для виробничих потреб на підприємстві експлуатується котельня, в якій встановлено чотири котла типу «БГМ-35М»:

- паровий котел «БГМ-35М» №1 з номінальною потужністю 30 МВт;
- паровий котел «БГМ-35М» №2 з номінальною потужністю 26,67 МВт;
- паровий котел «БГМ-35М» №3 з номінальною потужністю 25,56 МВт;
- паровий котел «БГМ-35М» №4 з номінальною потужністю 26,67 МВт.

В якості палива для котлів використовується вугілля та пелети лушпиння соняшнику. Котел №3 може також працювати на деревній щепі.

Для забезпечення технологічних потреб виробництва достатньо одночасної роботи трьох котлів. В результаті згорання палива в атмосферне повітря здійснюється викид таких забруднюючих речовин, як азоту діоксид,

вуглецю оксид, зола, ангідрид сірчистий, суміш насичених вуглеводнів, метан, вуглецю діоксид, діазоту оксид.

Димові гази від спалювання палива в котлах №1 та №2 сходяться в спільну трубу та потрапляють до групи циклонів та на сіркоочистку в мокрому пилогазовловлювачі. Конструкція системи відведення димових газів від котла №3, №4 аналогічна.

Димові гази від обох систем з двох котлів відводяться в атмосферне повітря через спільну димову трубу висотою 90 м діаметром 3,6 м.

При роботі котлів в атмосферне повітря надходять такі забруднюючі речовини: азоту діоксид, вуглецю оксид, ангідрид сірчистий, зола, суміш насичених вуглеводнів, метан, а також діазоту оксид та вуглецю діоксид.

#### Склади вапняку та вугілля

Вугілля та вапняковий камінь, що необхідні для технологічних потреб в процесі виробництва цукру, надходять на підприємство залізницею і зберігаються на складах. При розвантаженні та зберіганні відбувається викид в атмосферне повітря пилу неорганічного та пилу вугілля. Автотранспортом вугілля та вапняковий камінь подається в приймальний бункер для подальшого дроблення до необхідної фракції та сортування.

#### Вапнякове відділення

Після віброгрохоту матеріал подається в дозувальні бункери та за допомогою скіпових ковшів завантажується в дві шахтних випалювальних печі потужністю 100 та 200 т/добу. При здійсненні цих операцій в атмосферне повітря надходить пил неорганічний та пил вугілля.

Вапно і сатураційний газ отримують безпосередньо на цукровому заводі, випалюючи вапняковий камінь у вертикальних вапняково-газових печах.

Шахтна піч із змішаною подачею використовує вапняковий камінь розміром 20-80 мм. В якості палива використовується вугілля або кокс, розмір якого лише трохи менший за розміри каміння, таким чином кокс рухається вниз із камінням, але не крізь проміжки. Вапняк (доломіт) ( $\text{CaCO}_3$ ) разом з твердим паливом подають в піч зверху печі. В процесі випалювання вапняк проходить

три зони:

- зона підігріву (вапняк нагрівається до температури 850°C);
- зона безпосереднього випалювання (досягається температура 900-1200°C, що дозволяє отримати вапно). В зоні випалювання зі шматків вапняку утворюється вуглекислий газ  $\text{CO}_2$  і вапно  $\text{CaO}$ ;
- зона охолодження, де температура отриманого вапна знижується до 40-100°C способом пропускання через шар продукту повітря, що подається знизу.

Сатураційний газ відсмоктується з верхньої частини печі, проходить певні стадії очистки та охолоджуються, після чого насосом подається до сатураторів.

Після випалювання вапняку, одержане негашене вапно поступає із печі на гасіння у обертальний вапногасник, куди одночасно подається вода. У вапногасильному апараті відбувається викид пилу неорганічного з вмістом діоксиду кремнію в % – нижче 20.

#### Сульфітація води

Сульфітація – це обробка цукрових розчинів (води), що подається на дифузію, сірчистим ангідридом. Сірчистий ангідрид на цукрових заводах отримують шляхом спалювання сірки в печі. Сульфітація проводиться в рідинно-струменевих сульфітаторах. Відпрацьований в сульфітаторах газ звільняється в сепараторі від крапель і викидається в атмосферу. При сульфітації в атмосферне повітря надходить азоту діоксид, вуглецю оксид та ангідрид сірчистий.

#### Сатурація

Перша і друга сатурація – обробка дифузійного соку діоксидом вуглецю з метою очистки його від „нецукрів” шляхом адсорбції їх на поверхні утворювальних кристалів  $\text{CaCO}_3$ . З водяними парами в атмосферу викидаються вуглецю оксид, азоту діоксид, ангідрид сірчистий, вуглецю діоксид, а також метан, діазоту оксид, суміш насичених вуглеводнів.

### Згущення та кристалізація цукру

При згущенні та кристалізації цукру відбувається видалення аміаку з випарної станції та вакуум апаратів. Під час цього процесу в атмосферу надходять випари аміаку.

### Сушка цукру

Сушка цукру проводиться в двох сушильних барабанах в протivotоці гарячим повітрям. Аспіраційне повітря від сушильних барабанів перед викидом в атмосферу піддається очистці від пилу в мокрих пилоуловлювачах. Для охолодження цукру в камеру охолодження подається повітря без підігріву. Від сушильних барабанів та аспірації транспортерів в атмосферне повітря викидається пил цукру.

### Сушка та гранулювання жому

Для сушки жому на заводі обладнане жомосушильне відділення та відділення гранулювання сухого жому.

Виробничий процес отримання гранульованого жому складається з наступних операцій: віджимання з жому частини води, сушіння віджатого жому і гранулювання висушеного жому. Віджимання жому проводиться на жомовіджимних пресах, при цьому вміст сухих речовин в жомі підвищується з 6,2 до 15-18%. Для сушіння жому до вологості 10-12% застосовуються барабанні роторні сушарки (2 шт).

Для висушування жому використовується тепло димових газів від спалювання палива, а саме соломи, в топках жомосушильних установок. Від здійснення даного процесу в атмосферне повітря здійснюється викид таких забруднюючих речовин, як азоту діоксиду, вуглецю оксиду, золи, метану, вуглецю діоксиду, діазоту оксиду, пилу сухого бурякового жому.

Сухий жом після сушіння в жомосушильних барабанах подається у відділення для гранулювання. В процесі аспірації відділення гранулювання жому в атмосферне повітря надходить пил сухого бурякового жому. Готові гранули відвантажуються на автотранспорт для подальшої реалізації.

Джерела забруднення повітря представлені на рисунку 2.1.





Рисунок 2.1 – Джерела забруднення повітря

### 2.1.2 Допоміжне виробництво Гайсинського цукрового заводу

Допоміжне виробництво включає опалення, механічнічну майстерню, кухню,депо,склади інертних матеріалів, лабораторію, поля фільтрації

Допоміжне обладнання, яке присутнє на промисловому майданчику підприємства, призначене для обслуговування та забезпечення роботи цукрового заводу.

#### Опалення

Для опалення адмінприміщень на території заводу використовуються опалювальні газові конвектори (48 шт) потужністю 3 кВт кожен. В результаті

згорання природного газу утворюються такі забруднюючі речовини, як азоту діоксид, вуглецю оксид, метан, вуглецю діоксид, діазоту оксид.

Для опалення допоміжних приміщень на території заводу експлуатуються опалювальні печі (4 шт). В якості палива використовуються дрова. Печі працюють в холодний період року. В результаті згорання утворюються такі забруднюючі речовини, як азоту діоксид, вуглецю оксид, метан, зола, вуглецю діоксид, діазоту оксид, суміш насичених вуглеводнів.

#### Механічна майстерня

Для поточного ремонту обладнання на зварювальній ділянці в механічній майстерні присутній пост електрозварювання. Електродугове зварювання відбувається електродами марки АНО-36. При зварювальних роботах в атмосферне повітря надходять такі забруднюючі речовини: заліза оксид, марганцю оксид, кремнію діоксид, фториди добре розчинні, фториди погано розчинні, фтористий фодень

На ділянці застосовується також газова різка металу пропан-бутановою сумішшю. Під час газорізальних робіт в атмосферне повітря надходять заліза оксид, марганцю оксид, азоту оксид, вуглецю оксид.

#### Кухня

Кухня на підприємстві слугує для забезпечення працівників харчуванням. Для приготування їжі на кухні експлуатується газова плита. В процесі обжарювання харчових продуктів на плиті в атмосферу здійснюється викид акролеїну.

#### Депо

На підприємстві експлуатується два тепловози: ТГМ-4 №1514 та ТГМ-23Б №48334. В результаті роботи тепловозів в атмосферне повітря здійснюється викид таких забруднюючих речовин, як азоту діоксид, вуглецю оксид, вуглеводні насичені. Оскільки тепловози відносяться до пересувних джерел викиду забруднюючих речовин і частка часу маневрування територією підприємства становить лише 10%, тому тепловози не враховуються в розрахунку розсіювання забруднюючих речовин.

### Склади інертних матеріалів

На території проммайданчика присутні склади інертних матеріалів. В процесі розвантаження піску та щебеню, а також при їх зберіганні на складах в атмосферне повітря надходить пил неорганічний з вмістом діоксиду кремнію 70- 20 % та вище 20%.

### Лабораторія

Для проведення хіміко-лабораторних аналізів в лабораторії використовуються витяжні шафи. Від витяжних шаф лабораторії в атмосферне повітря надходять сірчана кислота, аміак, соляна кислота, діетиловий ефір, натрію гідроксид.

### Поля фільтрації

Виробничі та господарсько-побутові стічні води підприємства відводяться на власні поля фільтрації. Загальна площа полів фільтрації становить 68 га, корисна площа – 60 га. Із поверхні полів фільтрації в атмосферне повітря здійснюється викид таких забруднюючих речовин як оцтова кислота, масляна кислота, пропіонова кислота, мурашина кислота, сірководень, аміак.

## **2.2 Розрахункова характеристика викидів забруднюючих речовин від основних процесів виробництва цукру**

### Сокоочисне відділення

#### Труба сульфідатора води

В процесі сульфатації води в атмосферне повітря здійснюється викид ангідриду сірчистого, азоту діоксиду, вуглецю оксид. Розрахунок викидів ангідриду сірчистого, азоту діоксиду, вуглецю оксиду проводиться згідно даних інструментальних замірів.

#### Вуглецю оксид

Згідно даних інструментальних замірів реальна концентрація становить 685,0 мг/м<sup>3</sup>. Об'єм димових газів становить 0,278 м<sup>3</sup>/с. Таким чином

максимальний викид становить:

$$M^C_{CO} = 685,0 \cdot 0,278 / 1000 = 0,19 \text{ г / с.} \quad (2.1)$$

Виміряна масова концентрація при реальному вмісту кисню становить  $C = 685,0 \text{ мг / м}^3$ . Масову концентрацію приводимо до 6 %:

$$c'_j(t) = c_j(t) = 685,0 \cdot \frac{21-3}{21-O_2} = 685,0 \cdot \frac{21-6}{21-15,3} = 1802,632 \text{ мг/м}^3, \quad (2.2)$$

де  $c_j(t)$  – виміряна масова концентрація  $j$ -ї забруднювальної речовини в сухих димових газах при нормальних умовах в момент часу  $t$ ,  $\text{мг / нм}^3$ ;

$O_2$  – вміст кисню в димових газах при вимірюванні концентрації, %;

$$M^P_{CO} = 0,19 \cdot 3600 \cdot 2640 \cdot 10^{-6} = 1,806 \text{ т / рік.} \quad (2.3)$$

#### Азоту діоксид

Згідно даних інструментальних замірів реальна концентрація становить  $90,2 \text{ мг/м}^3$ . Об'єм димових газів становить  $0,278 \text{ нм}^3/\text{с}$ . Таким чином максимальний викид становить:

$$M^C_{NO_2} = 90,2 \cdot 0,278 / 1000 = 0,0251 \text{ г / с.} \quad (2.4)$$

Виміряна масова концентрація при реальному вмісту кисню становить  $C = 90,2 \text{ мг/м}^3$ . Масову концентрацію приводимо до 6 %:

$$c'_j(t) = c_j(t) = 90,2 \cdot \frac{21-3}{21-O_2} = 90,2 \cdot \frac{21-6}{21-15,5} = 246,0 \text{ мг/м}^3, \quad (2.5)$$

де  $c_j(t)$  – виміряна масова концентрація  $j$ -ї забруднювальної речовини в сухих димових газах при нормальних умовах в момент часу  $t$ ,  $\text{мг / нм}^3$ ;

$O_2$  – вміст кисню в димових газах при вимірюванні концентрації, %;

$$M^P_{NO_2} = 0,0251 \cdot 3600 \cdot 2640 \cdot 10^{-6} = 0,239 \text{ т / рік.} \quad (2.6)$$

### Ангідрид сірчистий

Згідно даних інструментальних замірів реальна концентрація становить  $457,6 \text{ мг/м}^3$ . Об'єм димових газів становить  $0,278 \text{ нм}^3/\text{с}$ . Таким чином максимальний викид становить:

$$M^C_{SO_2} = 4576 \cdot 0,278 / 1000 = 0,127 \text{ г / с.} \quad (2.7)$$

Виміряна масова концентрація при реальному вмісту кисню становить  $C = 457,6 \text{ мг / м}^3$ . Масову концентрацію приводимо до 6 %:

$$c'_j(t) = c_j(t) = 457,6 \cdot \frac{21-3}{21-O_2} = 457,6 \cdot \frac{21-6}{21-15,7} = 1295,094 \text{ мг/м}^3, \quad (2.8)$$

де  $c_j(t)$  – виміряна масова концентрація  $j$ -ї забруднювальної речовини в сухих димових газах при нормальних умовах в момент часу  $t$ ,  $\text{мг / нм}^3$ ;

$O_2$  – вміст кисню в димових газах при вимірюванні концентрації, %;

$$M^P_{SO_2} = 0,127 \cdot 3600 \cdot 2640 \cdot 10^{-6} = 1,207 \text{ т / рік.} \quad (2.9)$$

### Труба сатуратора I-A

На підприємстві для очистки соку буряку використовується сатуратор I-A. При сатурації ступеню в атмосферне повітря здійснюється викид оксиду вуглецю, азоту діоксиду, ангідриду сірчистого, вуглецю діоксиду. Розрахунок викидів цих речовин здійснюємо на підставі інструментальних замірів. Процес утворення сатураційного газу здійснюється внаслідок горіння вапнякового каміння спільно з вугіллям, що супроводжується також утворенням діазоту

оксиду, метану, суміші насичених вуглеводнів. Тому викиди цих забруднюючих речовин проводимо згідно «Збірника показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами» том I [6]. Вихідні дані для розрахунку приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для розрахунку

Характеристика	Одиниця вимірювання	Показник
Вид палива	—	Вугілля
Нижча теплота згорання	Мдж / кг	23,26
Споживання палива	кг/год	238,636
	г/с	66,288
	т/рік	630

Загальна формула, що визначає викид забруднюючої речовини, яка надходить в атмосферне повітря з димовими газами енергетичної установки (г / с, т / рік) за формулою (2.10):

$$M_i = 10^{-6} \cdot K_i \cdot V \cdot Q_{\text{н}}^{\text{P}}, \quad (2.10)$$

де  $K_i$  – показник емісії  $i$ -ої забруднюючої речовини, г / ГДж,

$V$  – витрата палива г / с, т / рік.

#### Вуглецю оксид

Згідно даних інструментальних замірів реальна концентрація становить 7168,75 мг/м<sup>3</sup>. Об'єм димових газів становить 1,227 нм<sup>3</sup>/с. Таким чином максимальний викид становить:

$$M_{\text{CO}}^{\text{C}} = 7168,75 \cdot 1,227 / 1000 = 8,796 \text{ г / с.} \quad (2.11)$$

Виміряна масова концентрація при реальному вмісту кисню становить  $C = 7168,75 \text{ мг / м}^3$ . Масову концентрацію приводи,о до 11 %:

$$c'_j(t) = c_j(t) = 7168,75 \cdot \frac{21-3}{21-O_2} = 7168,75 \cdot \frac{21-11}{21-15,1} = 12150,424 \text{ мг/м}^3, \quad (2.12)$$

де  $c_j(t)$  – виміряна масова концентрація  $j$ -ї забруднювальної речовини в сухих димових газах при нормальних умовах в момент часу  $t$ , мг /  $\text{нм}^3$ ;

$O_2$  – вміст кисню в димових газах при вимірюванні концентрації, %;

$$M^P_{CO} = 8,796 \cdot 3600 \cdot 2640 \cdot 10^{-6} = 83,597 \text{ т / рік.} \quad (2.13)$$

#### Азоту діоксид

Згідно даних інструментальних замірів реальна концентрація та об'єм газів становить 168,1 мг/м<sup>3</sup> та 1,227 нм<sup>3</sup>/с відповідно. Таким чином максимальний викид становить:

$$M^C_{NO_2} = 168,1 \cdot 1,227 / 1000 = 0,206 \text{ г / с.} \quad (2.14)$$

Виміряна масова концентрація при реальному вмісту кисню становить  $C = 168,1$  мг / м<sup>3</sup>. Масову концентрацію приводимо до 11 %:

$$c'_j(t) = c_j(t) = 168,1 \cdot \frac{21-3}{21-O_2} = 168,1 \cdot \frac{21-11}{21-15,3} = 294,912 \text{ мг/м}^3, \quad (2.15)$$

де  $c_j(t)$  – виміряна масова концентрація  $j$ -ї забруднювальної речовини в сухих димових газах при нормальних умовах в момент часу  $t$ , мг /  $\text{нм}^3$ ;

$O_2$  – вміст кисню в димових газах при вимірюванні концентрації, %;

$$M^P_{NO_2} = 0,206 \cdot 3600 \cdot 2640 \cdot 10^{-6} = 1,958 \text{ т / рік.} \quad (2.16)$$

#### Ангідрид сірчистий

Згідно даних інструментальних замірів реальна концентрація та об'єм газів становить 160,16 мг/м<sup>3</sup> та 1,227 нм<sup>3</sup>/с відповідно. Таким чином

максимальний викид становить:

$$M^C_{SO_2} = 160,16 \cdot 1,227 / 1000 = 0,197 \text{ г / с.} \quad (2.17)$$

Виміряна масова концентрація при реальному вмісту кисню становить  $C = 160,16 \text{ мг / м}^3$ . Масову концентрацію приводимо до 11 %:

$$c'_j(t) = c_j(t) = 160,16 \cdot \frac{21-3}{21-O_2} = 160,16 \cdot \frac{21-11}{21-14,9} = 262,557 \text{ мг/м}^3, \quad (2.18)$$

де  $c_j(t)$  – виміряна масова концентрація  $j$ -ї забруднювальної речовини в сухих димових газах при нормальних умовах в момент часу  $t$ ,  $\text{мг / м}^3$ ;

$O_2$  – вміст кисню в димових газах при вимірюванні концентрації, %;

$$M^P_{SO_2} = 0,197 \cdot 3600 \cdot 2640 \cdot 10^{-6} = 1,872 \text{ т / рік.} \quad (2.19)$$

#### Вуглецю діоксид

Згідно даних інструментальних замірів реальна концентрація та об'єм газів становить  $68600,0 \text{ мг/м}^3$  та  $1,227 \text{ м}^3/\text{с}$  відповідно. Таким чином максимальний викид становить:

$$M^C_{CO_2} = 68600,0 \cdot 1,227 / 1000 = 84,172 \text{ г / с,} \quad (2.20)$$

$$M^P_{CO_2} = 84,172 \cdot 3600 \cdot 2640 \cdot 10^{-6} = 799,971 \text{ т / рік.} \quad (2.21)$$

#### Діазоту оксид

Показник емісії:  $K_{N_2O} = 1,4 \text{ г/ГДж,}$

$$M_{N_2O} = 10^{-6} \cdot 1,4 \cdot 66,288 \cdot 23,26 = 0,002 \text{ г/с,} \quad (2.22)$$

$$M_{N_2O} = 10^{-6} \cdot 1,4 \cdot 630 \cdot 23,26 = 0,021 \text{ т/рік.} \quad (2.23)$$



### Метан

Показник емісії:  $K_{\text{CH}_4} = 1 \text{ г/ГДж}$ ,

$$M_{\text{CH}_4} = 10^{-6} \cdot 1 \cdot 66,288 \cdot 23,26 = 0,0015 \text{ г/с}, \quad (2.24)$$

$$M_{\text{CH}_4} = 10^{-6} \cdot 1 \cdot 630 \cdot 23,26 = 0,015 \text{ т/рік}. \quad (2.25)$$

### Суміш насичених вуглеводнів

Показник емісії неметанових летких органічних сполук  $K_{\text{НМЛОС}} = 600 \text{ г / ГДж}$ ,

$$M_{\text{НМЛОС}} = 10^{-6} \cdot 600 \cdot 66,288 \cdot 23,26 = 0,925 \text{ г/с}, \quad (2.26)$$

$$M_{\text{НМЛОС}} = 10^{-6} \cdot 600 \cdot 630 \cdot 23,26 = 8,792 \text{ т/рік}. \quad (2.27)$$

### Цукросушильне відділення

В цукросушильному відділенні встановлено два сушильних барабани цукру, де сушка відбувається протитоком гарячого повітря. В результаті роботи цукросушильного обладнання в атмосферне повітря здійснюється викид пилу цукру.

#### Витяжна труба вентиляції складу цукру

При зберіганні цукру на складі в атмосферне повітря може здійснюватись викид пилу цукру. Розрахунок викидів забруднюючих речовин проводимо згідно «Збірника показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами», том III [6].

Оскільки цукор зберігається в таровому вигляді і викид пилу цукру утворюється лише в деяких випадках, тому для розрахунку вводимо коефіцієнт можливості викиду, який становить 20%. Вихідні дані для розрахунку приведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Вихідні дані для розрахунку

Характеристика	Одиниця вимірювання	Показник
Питомий викид пилу	г/м <sup>3</sup>	0,04
Об'ємна витрата повітря	м <sup>3</sup> /с	0,1
Фонд роботи	год/рік	8760
Коефіцієнт можливості викиду	%	20

### Пил цукру

$$M_C = 0,04 \cdot 0,1 \cdot 0,2 = 0,0008 \text{ г/с}, \quad (2.28)$$

$$M_P = 0,0008 \cdot 3600 \cdot 8760 \cdot 10^{-6} = 0,025 \text{ т/рік} \quad (2.9).$$

### Жомосховище

При зберіганні жому утворюються летючі та нелетючі речовини. Летючі складаються в основному із двох кислот – масляної і оцтової. Максимальна кількість речовин утворюється в жомі після зберігання його більше 3-х місяців при сприятливих умовах (плюсова температура). При зниженні температури навколишнього середовища активність біохімічних процесів, які виникають в жомовій ямі, різко зменшується. В результаті цього зменшується викид в атмосферу шкідливих речовин (до 20-30% від початкових).

Максимальна кількість речовин, які виділяються, складає: 1,2 кг масляної кислоти і 3,6 кг оцтової кислоти на тону буряку, що переробляється. При постійному відвантаженні жому споживачам, залишок (у вигляді баласту) необхідно враховувати в кількості 2%.

Розрахунок викидів забруднюючих речовин розраховуємо згідно «Временная методика расчета выбросов в атмосферу загрязняющих веществ на сахарных заводах» [14].

В зв'язку з тим, що жом переважно відвантажується споживачам по мірі надходження з заводу, в постійному зберіганні в жомовій ямі може знаходитись не більше 15% від загальної кількості об'єму, тому для розрахунку розсіювання, викиди від жомової ями розраховуються наступним чином:

## Оцтова кислота

$$M^P = 479000 \cdot 0,15 \cdot 3,6 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3} \cdot 0,02 = 1,035 \text{ т / рік}, \quad (2.30)$$

$$M^C = 1,035 \cdot 10^6 / (365 \cdot 24 \cdot 3600) = 0,03 \text{ г / с}. \quad (2.31)$$

## Масляна кислота

$$M^P = 479000 \cdot 0,15 \cdot 1,2 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3} \cdot 0,02 = 0,345 \text{ т / рік}, \quad (2.32)$$

$$M^C = 0,345 \cdot 10^6 / (365 \cdot 24 \cdot 3600) = 0,011 \text{ г / с}. \quad (2.33)$$

## 3 ВПЛИВ ВИРОБНИЦТВА ЦУКРУ НА ЗМІНИ КЛІМАТУ

### 3.1 Загальні тенденції до зміни клімату

Парниковим ефектом називають нагрівання нижніх шарів атмосфери в результаті випромінювання сонячного короткохвильового видимого діапазону здатне проникати в атмосферу й поглинатися на поверхні землі, нагріваючи її. Вторинне теплове випромінювання від Земі, здатне поглинатися компонентами атмосфери (вуглекислий газ, водяна пара) в більшій мірі, ніж те, що надходить. Підвищення концентрації в повітрі компонентів перешкоджає тепловому випромінюванню поверхні Землі вночі, але не впливає на поглинання енергії сонячної її поверхнею вдень. Результатом є порушення теплового балансу, що проявляється як підвищення температури поверхні Землі та шару приземного повітря [8].

Температура земної кулі із кінця XIX до початку XXI ст. підвищилася близько на 0,6 °C, про що свідчать спостереження ООН. Швидкість підвищення глобальної температури до 1970 р. в середньому становила 0,05 C за 10 років, за останні десять років вона стала вдвічі більшою.

Збільшення середньорічної температури впливає на зміни найважливіших кліматичних параметрів (кількості опадів, хмарного покриву, їх течій, розмірів полярних крижаних шапок). Прогнозується переміщення основних кліматичних зон на 400 км північніше, що спричинить потепління в зоні тундри, танення шару вічної мерзлоти й полярних крижаних шапок. Такі зміни клімату суттєвлявляють на врожайність сільськогосподарських культур в гіршу сторону, оскільки головні аграрні райони стануть напівпустельними.

Глобальні зміни клімату призведуть до танення льодовиків, в разі чого рівень Світового океану зросте до 10 м, що спричинить затоплення приблизно 20 % площі суходолу.

Єдиного ствердження щодо середньорічної температури за якої відбудуться безповоротні зміни клімату серед метеорологів поки не існує, ця цифра коливається від 2,5 до 5 °C [9].

Серед шістки парникових газів, що визначені за Кіотським протоколом, трьох знаходяться в природному стані атмосфери ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ), проте в результаті антропогенної діяльності їх концентрація збільшилася.

Решта парникових газів це синтетичні хімічні речовини (гексафторид сірки, гідрофторвуглеводні, перфторвуглеводні) В еквівалентному співвідношенні 1 кг цих газів в атмосфері довірвнює більш ніж 20 т вуглекислого газу.

Україною було підписано низку міжнародних угод, в першу чергу – Рамкову конвенція ООН про зміну клімату і Кіотський протокол, які спрямовані на редукування викидів в атмосферу речовин, що знищують озоновий екран та спричиняють парниковий ефект.

Рамкова конвенція ООН про зміну клімату та Кіотський протокол і зобов'язують Україну не перевищувати викиди парникових газів що були на рівні 1990 року – 950 млн.т  $\text{CO}_2$ - екв. Україна посідає десяте місце серед країн з усього світу за кількістю викидів парникових газів після США, Росії, Японії, Німеччини, Канади, Великобританії, Франції, Італії, Австралії [10].

Остання декада в Україні зазнає суттєвих змін клімату. Основним Індикатором цих змін є температура атмосферного повітря. Протягом останніх 30 років (1991 – 2020 роки) вчені спостерігають найвищі темпи зміни середньорічної температури повітря становлять 0,77°C на10 років,що втричі перевищують темпи зміни середньої за рік глобальної температури (0,21°C/10 років) у цей період.

Середньорічна температура та її аномалії показані на рисунку 3.1.

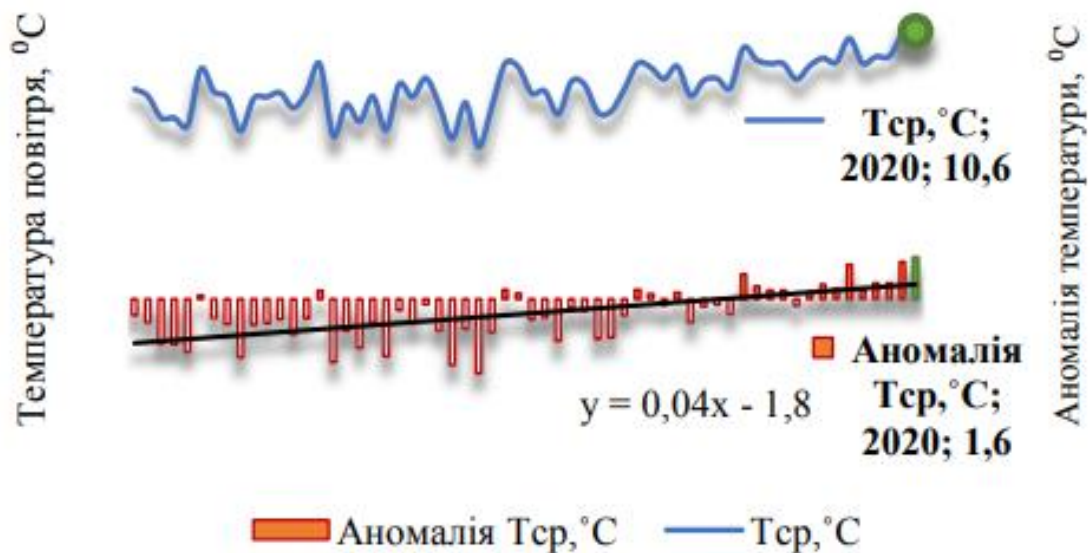


Рисунок 3.1 – Середня річна температура та її аномалії

У 21-му сторіччі за останні шістдесят років спостерігалися найтепліші п'ять років. Окрім того протягом останнього десятиріччя 2020 рік був найтеплішим роком за сторіччя [11].

### 3.2 Вплив на клімат під час виробництва цукру з цукрових буряків та шляхи його зменшення

Законодавча база України поступово наближається до законодавчої бази Європейського Союзу. Україна почала швидше запроваджувати у виробництві заходи з енергоефективності для зниження показників викидів парникових газів, а також запроваджувати моніторингову систему. Такі зміни були введені після підписання Паризької угоди щодо протидії змінам клімату наприкінці 2015. Забезпечення постійного контролю є головним пунктом реалізації Паризької угоди, наряду із мінімізацією викидів парникових газів у межах виробничих циклів. Відповідно, еколого-економічна оцінка основних галузей економіки може розглядатися як важливий елемент державної політики України [12,13].

Аналіз стану справ та постановка проблеми. Важливим завданням для цукрового виробництва впровадження рішень, що зменшать до мінімуму викиди

парникових газів, що в більшій мірі виділяються при спалюванні викопних видів палива (вугілля або природного газу) для високотемпературних виробничих процесів та зберіганням жому [14].

Вирішення цих проблем потребує комплексного підходу, що включає контроль якості сировини для виробництва, використання енергозберігаючого обладнання, теплоізоляцію, утилізацію відходів і т.д. Крім цього, важливим елементом системи підвищення енергоефективності може бути вдосконалення автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУТП), які б використовували більш ефективне математичне забезпечення, що ґрунтується на використанні дискретно-часових моделей штучного нейрона, з урахуванням впливів різних екологічних і технологічних факторів та показників процесу випарювання для оптимізації технологічних процесів [15,16].

Отже, підприємства цукрової галузі можуть бути потужними джерелами забруднення середовища у місці їхнього розташування. Показники виробництва цукру за останні два роки свідчать про стабільність виробництва і залишаються на сталому рівні (2,0-2,05 млн. т.), не дивлячись на деяке скорочення посівних площ цукрового буряку через зниження ціни на цукор на світовому ринку [17,18].

Цукрові заводи є потужними споживачами теплової і електроенергії, води та джерелом утворення відходів біологічного походження. Конкуренція у цій сфері виробництва потребує удосконалення вітчизняного цукрового виробництва. Підвищити ефективність виробництва можна шляхом максимального збільшення виходу якісної продукції з одночасною економією енергоресурсів та раціонального використання сировини.

Цукрове виробництво характеризується такими показниками, як продуктивність та енергоефективність виробництва, якість продукції. Оптимізація цих показників забезпечується застосуванням ефективних технологій виробництва, обладнання, комп'ютеризацією та безпечною організацією цукрового виробництва. На цукрових заводах, що випускають

конкурентоспроможну продукцію, застосовують технологічні процеси зі складними комплексами енергетичних і матеріальних потоків і жорсткими вимогами до якості продукції, безпеки виробничих процесів та екологічної складової виробництва.

Випарне відділення найбільше впливає на енергоефективність підприємства та якість продукції. Це відділення приймає, переробляє та розподіляє пар по інших відділеннях. Технологічний процес випарювання, що здійснюється у багатокорпусних випарних установках (БВУ), здійснює випарювання соку до заданих показників.

Однією з основних задач БВУ є забезпечення на виході з установки фіксованого концентрованого розчину показниками, необхідними для отримання якісної продукції. Невідповідність якісних показників отриманого розчину спричиняє додаткові витрати пари [19].

З метою підвищення ефективності автоматизованих виробничих процесів необхідно удосконалювати математичне забезпечення АСУТП, яка базується на використанні мікропроцесорної техніки і реалізує інтелектуальні і комп'ютерно-інтегровані системи управління. АСУТП на цукрових заводах, в основному, характеризуються наявністю розрізнених, обмежених і різномірних автоматизованих і інформаційних систем (АСУТП, лабораторні системи, системи обліку енергоносіїв тощо). Таким чином, робота АСУ БВУ скерована на підтримку необхідного технологічного режиму випарювання, з фіксованими розрахованими значеннями показників ТП, стабілізацію рівнів розчину в апаратах, отримання сиропу з відповідними якісними показниками та забезпечення користувачів парою [20].

Данні аспекти є важливими чинниками не лише для автоматизації процесу випарювання, а й з метою екологізації виробництва цукру. Наразі в Україні система державних вимог про зменшення використання енергоресурсів шляхом впровадження заходів з енергозбереження у цукровій галузі не сформована. Розробка та впровадження заходів цілком залежить від ініціативи і рішень, прийнятих керівництвом підприємств та компаній цукрового



виробництва, а також на основі їх фінансового становища. У той же час, заходи з модернізації обладнання, спрямовані на скорочення використання енергетичних ресурсів, слідують цілям, встановленим Урядом в Енергетичній стратегії України на період до 2030 року. Закон України No 2059-VIII Про оцінку впливу на довкілля, прийнятий 23 травня 2017 року, відносить цукрові заводи до другої категорії видів планованої діяльності та об'єктів, які можуть мати значний вплив на довкілля та підлягають процедурі Оцінки впливу на довкілля. Проведення ОВД має відслідковувати можливі екологічні наслідки діяльності та здійснювати розробку системи заходів щодо мінімізації впливу на довкілля [21].

Отже, основні зусилля необхідно скерувати на розробку ефективних моделей, алгоритмів та критеріїв, що характеризують ТП. У математичному забезпеченні необхідно використовувати значення якісних та екологічних показників, які необхідно буде відобразити у вигляді оптимізаційних моделей технологічного процесу [22,23,24].

Метою дослідження є оптимізація екологічних показників і показників енергоефективності цукрового виробництва при забезпеченні випуску продукції високої якості в процесі випарювання соку у багатокорпусній випарній установці цукрового заводу за рахунок удосконалення та впровадження математичного забезпечення в АСУТП.

Оптимізація екологічних показників і показників енергоефективності цукрового виробництва стає можливим при забезпеченні випуску продукції високої якості в процесі випарювання соку у багатокорпусній випарній установці цукрового заводу за рахунок удосконалення та впровадження математичного забезпечення в АСУТП.

На основі даних про споживання енергії та пари проведено аналіз ефективності цукрового виробництва в цілому і по кожній виробничій ділянці окремо. Розрахунковими методами на основі нормативних інструментів для розрахунку базових, проектних викидів в результаті різних процесів визначено вплив найбільш енерговитратних ділянок цукрового заводу, що впливають на

стан довкілля. Шляхом диференціювання якісної моделі у розрахунку матеріального балансу виробничого процесу встановлено вплив впровадження удосконаленого математичного забезпечення АСУТП, в якому враховуються показники якості соку і екологічності, на енергоефективність процесу випарювання.

Встановлено що основними складовими впливу на довкілля підприємств цукрової галузі є викиди в атмосферу. Викиди цукрових заводів містять як токсичні речовини (вуглецю оксид, оксиди азоту і сірки, речовини у вигляді твердих суспендованих частинок), так і парникові гази, що спричинюють зміни клімату (вуглецю діоксид, азоту оксид, метан). Скиди цукрових заводів у водні об'єкти небезпечні високим вмістом органіки (за біологічним споживанням кисню БСК) і можуть спричиняти евтрофікацію водойм.

З метою екологічного обґрунтування застосування обраних показників у математичному забезпеченні автоматизованих систем управління цукрового виробництва проведено визначення обсягів утворення парникових газів у результаті використання електроенергії, виробленої єдиною енергосистемою України, природного газу, декарбонізації вапняку та зберігання жому. Визначено, що впровадження ефективних систем автоматизації технологічних процесів цукрового виробництва здатне скоротити споживання природного газу (до 17%) та електроенергії (близько 4%). Визначено вплив застосування показників якості у математичному забезпеченні АСУТП на оптимізацію процесу випарювання.

Як один із варіатів: розробка математичної моделі технологічного процесу випарювання цукрового соку, яка б доповнювала рівняння матеріального балансу врахуванням показника кольоровості соку. Іншим варіантом оптимізації процесу випарювання є зменшення витрати енергоносіїв, що покращує екологічні показники роботи цукрового заводу. Нейромережевий підхід з урахуванням якості соку для зниження енергоємності процесу і мінімізації викидів парникових газів це новий підхід до розробки математичного забезпечення АСУТП випарного відділення цукрового заводу.

Було проведено аналіз та обґрунтування застосування сучасних підходів, побудованих на екологічних та принципах енергоефективності з метою отримання цукру, що буде мати відповідні показники якості; визначення основних екологічних показників для обґрунтування ефективності технологічного процесу випарювання, що одночасно впливають і на отримання якісної продукції, з метою використання у математичному забезпеченні АСУТП випарного відділення.

Водночас при побудові моделей штучних нейронів у дискретному часі потрібні нові критерії: колір соку (з урахуванням якості сировини) та екологічні обмеження конкретних викидів парникових газів. Такі математичні моделі та відповідні інженерні розрахунки більш точно відображували б реальний процес випарювання. При цьому необхідно приділити увагу і збуренням, що виникають при випарюванні і змінюють реальні значення показників даного процесу.

Моделювання базується на використанні основних закономірностей визначення кольоровості соку та фізичних закономірностях процесу випарювання. Основою оптимізації процесу випарювання соку є застосування матеріального та теплового балансів.

Вдосконалення технологічного процесу випарювання, яке зменшує споживання енергії, підвищує і екологічну ефективність виробництва. Основним критерієм було обрано викиди парникових газів від використання вугілля або природного газу.

Екологічна ефективність цукрового виробництва може полягати у скороченні викидів: вуглецю діоксиду від спалювання природного газу або вугілля; вуглецю діоксиду, пов'язаного зі споживанням електричної енергії із єдиної енергосистеми України та розкладанням вапняку в рамках процесу декарбонізації; метану, спричиненого розкладанням жому на полігонах [14].

Оцінка базується на середніх даних показників Кириківського цукрового заводу за наступними компонентами [14]:

1. Викиди парникових газів, пов'язані зі споживанням електричної енергії, розраховані згідно з підходом, описаним в Інструменті для розрахунку базових, проектних витоків та/або викидів внаслідок споживання електроенергії [25-28].

2. Викиди парникових газів, пов'язані зі споживанням природного газу, розраховані згідно з підходом, описаним у документі Інструмент для розрахунку проектних викидів або витоків CO<sub>2</sub> від спалювання викопного палива [25-28].

3. Викиди від декарбонізації вапняку були розраховані на основі МГЕЗК [26].

Таким чином, з наведених розрахункових методик отримуємо наступний рівень скорочення викидів парникових газів, передусім вуглекислого газу, за умови удосконалення енергоефективності технологічного процесу, наведений у таблиці 3.1:

Таблиця 3.1 – Скорочення викидів парникових газів у результаті удосконалення та впровадження математичного забезпечення в АСУТП

Напрямок оптимізації технологічного процесу	Зменшення викидів вуглекислого газу, т CO <sub>2</sub> e	Зменшення викидів метану, т CO <sub>2</sub> e
Зменшення використання електричної енергії, $\Delta BE_{ELEC, y, i}$	1080,4	-
Зменшення використання природного газу для виробничих потреб, $\Delta BE_{NG, y, i}$	2842,45	-
Зменшення викидів вуглекислого газу в процесі декарбонізації вапняку, $\Delta BE_{Calc, y, i}$	481,94	-
Переробка жому, $\Delta BE_{CH_4, y, i}$		66999,02

Отже, сумарне зменшення викидів вуглекислого газу в процесі підвищення енергоефективності складає 4404,79т CO<sub>2</sub> [14]. В цілому, очікуване

зменшення використання природного газу в результаті ефективної автоматизації виробництва становить до 17%. За наведених показників підвищення екологічності цукрового виробництва ми підвищуємо і конкурентоспроможність продукції за рахунок підвищення її якості. Зменшуючи тривалість процесу випарювання, забезпечуємо досягнення нормативних показників кольоровості цукру (табл. 3.2).

Значення кольоровості сиропу, що змінювалося впродовж процесу випарювання, (табл. 3.2), при зміні подачі пари на БВУ на 1%, забезпечує відхилення кольоровості продукції на 1,1-1,5% від розрахункових значень.

Таблиця 3.2 – Усереднені значення тривалості випаровування та кольоровості у БВУ цукрових заводів з продуктивністю цукру 6000 т/добу та 3000 т/добу

Вид режиму випаровування	БВУ на заводі продуктивністю 6000 т/добу			БВУ на заводі продуктивністю 3000 т/добу		
	Кольоровість сиропу до ВУ, од. ICUMSA	Тривалість (час) випаровування, хв	Кольоровість сиропу після ВУ, од. ICUMSA	Кольоровість сиропу до ВУ, од. ICUMSA	Кольоровість сиропу до ВУ, од. ICUMSA	Кольоровість сиропу до ВУ, од. ICUMSA
Нормативний (розрахунковий)	210-250	43-57	250-300	220-260	50-60	250-300
Фактичний	200-350	82-104	300-550	280-450	101-118	320-700

Таким чином виявлено наступні види можливого впливу виробництва цукру на довкілля:

1. Вплив на водне середовище. Існуючі технології з виробництва цукру передбачають скидання стічних вод на біологічні очисні споруди із обов'язковим хімічним контролем у системі АСУТП цукрового заводу.

2. Вплив на повітряне середовище. Впровадження заходів з автоматизації виробництва створює також позитивний вплив і на повітряне середовище

шляхом: зменшення викидів NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, CO та твердих часток, зменшення викидів вуглекислого газу, зменшення викидів метану.

3. Утворення відходів, їх переробка та поводження. Для мінімізації викидів метану біогазові установки рекомендують переробляти тверді відходи як целюлози. Крім того, у процесі виробництва утворюються відходи після демонтажу застарілого обладнання та труб. Крім того, будівельні відходи утворюються при демонтажі котлів та будівництві котелень.

Для оцінки впливу на довкілля та використання енергоефективних технологій на цукрових підприємствах України в системі АСУТП необхідно мати наступну інформацію та проводити розрахунки по визначенню:

1. Викиди парникових газів, пов'язані зі споживанням електроенергії на цукрових заводах. Усі наведені значення визначаються на основі статистики компанії та загальноприйнятих показників викидів.

2. Порядок поводження з відходами. Для організації та проведення роботи по управлінню відходами наказом закріплюються особи, відповідальні за управління відходами. Усі суб'єкти господарювання зобов'язані пройти сертифікацію по всіх без винятку відходів і їм дозволено виконувати роботи, пов'язані з поводженням з ними (особливо з утворенням та утилізацією). Вивозом відходів займаються організації, які мають ліцензію виконання цих работ.

3. Обсяги споживання енергоресурсів, виробництва цукру, обсяги декарбонізації вапняку та його склад. До необхідної інформації відносять: обсяги виробленого цукру, кількість спожитої електричної енергії з ОЕС України, кількість електричної енергії, відпущеної стороннім споживачам, кількість спаленого природного газу, кількість спаленого вугілля, цукристість перероблених буряків, кількість декарбонізованого вапняку, вміст CaCO<sub>3</sub> у декарбонізованому вапняку, вміст MgCO<sub>3</sub> у декарбонізованому вапняку.

Проведення такого аналізу впливу цукрових заводів на довкілля можна як один із етапів дематеріалізації виробництва, підвищення ефективності використання джерел енергії у системі АСУТП. Це не лише екологічно, а й

підвищує економічну ефективність виробництва. Викиди цукрових заводів містять як токсичні речовини (вуглецю оксид, оксиди азоту та сірки та речовини у вигляді твердих суспендованих частинок), так і парникові гази, що спричиняють зміни клімату (вуглекислий газ, азоту оксид, метан).

Введення в математичне забезпечення АСУТП, побудоване на застосуванні нейромережових підходів, при моделюванні процесу випарювання, екологічних показників та показників якості цукрового виробництва дасть можливість зменшити споживання електроенергії з об'єднаної енергосистеми України (близько 4%), а також природного газу на технологічні потреби та декарбонізацію вапняку (до 17%). Визначено, що зміна подачі пари на ВУ на 1%, забезпечує відхилення кольоровості продукції на 1,1-1,5% від розрахункових значень.

Заходи з енергоефективності, в свою чергу, здатні зменшити викиди вуглекислого газу в межах 4400 т CO<sub>2</sub>. Додаткове переобладнання виробництва, направлене на утилізацію жому шляхом сушіння і гранулювання або біогазового бродіння, додатково знизить викиди метану в атмосферу протягом сезону роботи майже на 67 тис. т CO<sub>2</sub> та дає змогу зменшити розмір екологічного податку.

Застосування сучасних енергозберігаючих та ресурсозберігаючих технологій, керованих автоматичною системою управління, не тільки знижує собівартість та підвищує конкурентоспроможність цукрової продукції, а й вирішує завдання максимально ефективного використання сировини та ефективної організації. Ефективний метод. робочих процесів, і навіть зниження на довкілля.

Оптимізація екологічних показників та показників енергоефективності цукрового виробництва в умовах забезпечення випуску продукції високої якості при випаровуванні соку в багатокорпусній випарній установці за умови удосконалення та впровадження математичного забезпечення в АСУТП. На основі даних про споживання енергії та пари було проведено аналіз загальної ефективності виробництва цукру та аналіз по регіонах виробництва. Вплив

найбільш енергоємних ділянок цукрового заводу на довкілля визначено розрахунковими методами, що ґрунтуються на нормативних інструментах розрахунку базових проектних викидів у результаті різних процесів. Шляхом диференціювання розрахунку матеріального балансу виробничого процесу встановлено вплив запровадження удосконаленого математичного забезпечення АСУТП, в якому враховуються показники якості соку, на енергоефективність процесу випаровування.

Для підвищення конкурентоспроможності цукрового виробництва ефективність роботи підприємства повинна визнаватися не лише з міркувань собівартості кінцевої продукції, а й за допомогою комплексної стратегічної оцінки енергоефективності технологічного процесу та мінімізації шкідливого впливу на екологічну ситуацію (табл. 3.3). Важливим елементом розвитку сучасних технологій є розробка таких підходів, які спрямовані на оптимізацію використання сировини, води та енергії та отримання у своїй якісній конкурентоспроможної продукції. Ефективне використання енергоресурсів, пари, прісної води можливо шляхом впровадження сучасних АСУТП на цукрових заводах України, де використовуватиметься математичне забезпечення, побудоване на інтелектуальних підходах. Для отримання ефективного математичного забезпечення виділено фактори, що впливають на процес виробництва та алгоритми роботи АСУТП.

Таблиця 3.3 – Усереднені виробничі показники роботи цукрового заводу

Показник	Усереднене значення показника	
	Базові характеристики	За умови автоматизації та модернізації виробництва
Продуктивність заводу, т/добу	1800	1800
Коефіцієнт заводу, %	75,99	83,6
Номінальна потужність, МВт	2,5	2,5
Питома витрата електроенергії на переробку буряка, кВт-год/т	35,6	29,0



## Продовження таблиці 3.3

Загальна кількість електричної енергії, спожитої з ОЕС України, МВт*год	4,745	3,865
Витрати природного газу, тис.м <sup>3</sup> /добу	100	93
Питома витрата природного газу, м <sup>3</sup> /т буряка	62,5	51,2
Цукристість, %	16,61	16,61
Тривалість роботи, діб/рік	74,05	74,05
Вихід цукру, % до маси цукру, що надійшов на завод	66,67	76,90
Витрати вапняку, т/100 т буряка	6,8	6,12
Витрати вапна, % до маси буряка	2,5	2,25
Утворення жому, т/добу	2448	2448
Частка жому, передана на реалізацію чи на переробку на біогаз, %	4,5	100,0

З метою екологічного обґрунтування застосування обраних показників у математичному забезпеченні автоматизованих систем цукрового виробництва проведено визначення обсягів утворень парникових газів в результаті використання електроенергії, виробленої єдиною енергосистемою України, природного газу, декарбонізації вапняку та зберігання жому. Визначено, що використання ефективних систем автоматизації технологічних процесів цукрового виробництва здатне скоротити споживання газу на 17% і електроенергії на 4%. Застосовано нові підходи до розробки математичного забезпечення АСУТП випарного відділення цукрового заводу з урахуванням якості соку для зниження енергоємності процесу та мінімізації викидів парникових газів.

## 4 ЗАБРУДНЕННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ ПІДПРИЄМСТВАМИ ЦУКРОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

### 4.1 Аналіз забруднення водних ресурсів в цукровій галузі виробництва

Водоспоживання є однією з головних екологічних проблем цукрових заводів, оскільки складна технологія виробництва цукру з цукрових буряків передбачає використання великої кількості води.

Для виробництва 1 тонни цукру із буряків необхідно витратити близько 60 м<sup>3</sup> води, тоді як, наприклад, на м'ясокомбінатах на 1 тону м'яса припадає 6,9-8,9 м<sup>3</sup> стічної води, на заводах рибного борошна і риб'ячого жиру скидається 1-4 м<sup>3</sup> на 1 тонни сировини, на 1000 л переробленого молока споживається 1-2 м<sup>3</sup> води [29]. Тому цукрова галузь є найбільш водоемною серед інших галузей харчової промисловості України.

Відповідно до технології цукрового виробництва вода використовується під час очищення буряків від залишків землі, екстрагування бурякового цукру зі стружки буряку, промивки дефікату та цукру методом центрифугування. Вода виступає хімічну реакцію із оксидом кальцію для отримання гідроксиду кальцію, який використовується для очищення дифузійного соку.

Одними із забрудників є мінеральні та органічні осади, які залишаються після відстійників та фільтрації дифузійного соку методом вапнокарбонізації. Відфільтровані осаджені речовини мають у своєму складі CaCO<sub>3</sub>, який використовують як адсорбент [30] після обробки в технологічному процесі.

На майданчику цукрового заводу вода використовується для транспортування сировини до бурякомийного відділення з кагатного поля та відходів з місця їх утворення до місць їх накопичення.

Найзабрудненішими є води транспортерно-мийна та жомопресова, кількість органічних домішок в них може складати відповідно 800-900 і 60% до маси перероблених буряків [29]. Органічні домішки здатні перебувати у

розчиненому стані та у вигляді завислих часток: цукрози, білків, моносахаридів та полісахаридів, калієвих та магнієвих солей, солей ортофосфатної і хлоридної кислот та інші. Великий вміст органічних речовин у стічних водах цукрового підприємства сприяє росту бактерій, що призводить до стрімкого розвитку бродильних та гнильних процесів.

Вода є необхідною для процесів охолодження під час конденсації утфельної пари й одержанні вакууму для уварювання утфелю, а також напівпродуктів виробництва, сатураційного газу [31]. Охолодження деякого технологічного обладнання, наприклад, котельні, не спричиняє забруднення води, що робить її умовно чистою та придатною для багаторазового застосування після водо підготовки. Але деякі води потребують додаткового очищення, для повернення у технологічний процес, наприклад, конденсаційні води, що утворюються у випарному апараті.

Відпрацьовані води забруднені різними хімічними речовинами серед яких завислі речовини, органічні та неорганічні речовини, а також тверді частинки у вигляді часток ґрунту. Найпоширенішим способом очищення забруднених вод цукропереробного підприємства є біологічне очищення на водоочисних спорудах. Вся відпрацьована вода, що не є придатною для повторного використання перемішується з стічними водами жомопресувальної станції та від мийки обладнання потрапляє спочатку у відстійник, звідки надходить на поля фільтрації. Біологічне очищення стічних вод відбувається в аеробних умовах, завислі колоїдні частинки профільтовуються через товщу ґрунту та завдяки діяльній мікроорганізмів в середовищі кисню повітря утворюють мінеральні сполуки.

Поля фільтрації є джерелом викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря внаслідок розкладу органічних сполук мікроорганізмами, окрім цього, вони займають великі земельні ділянки та призводять до нераціональних втрат води.

В значній мірі відбувається забруднення підземних вод в районах розташування карт очисних споруд та місцях накопичення відходів.

Органічні речовини під час просочування через шар ґрунту окислюються до діоксиду вуглецю, води, сполук сульфатів та нітратів [32].

Також існують інші методи очищення, наприклад у біофільтрі або штучне біологічне очищення у ставках-накопичувачах [29], але такі методи використовує мала частина підприємств.

Таким чином, можна зробити висновок, що виробництво цукрових буряків спричиняє негативний вплив на довкілля за рахунок надмірного водоспоживання та забруднення відпрацьованих вод хімічними речовинами різного складу.

Актуальною проблемою для підприємств цукрової галузі є зменшення водовикористання та утворення стічних вод. Врегулювання цих проблем сприятиме покращенню екологічної ситуації в Україні, а також вплине на економічні аспекти виробництва цукру.

Аналіз досліджень міжнародних експертів у сфері водоочисних технологій показав, що очистка води із застосуванням змішаних коагулянтів для має високу ефективність, завдяки відмінностям фізико-хімічних властивостей продуктів їх гідролізу [29].

Серед нових методів розроблено способи покращення очистки води за допомогою високомолекулярних речовин флокуляційної дії, тому що використання флокулянтів додатково до коагулянтів дає можливість інтенсифікувати процеси очищення води, а також скоротити витрати останніх [29,33].

#### **4.2 Забруднення води та її споживання на прикладі Гайсинського цукрового заводу**

В районі розташування Відділку №1 по переробці цукрової сировини ТОВ «ПК «Зоря Поділля» протікає річка Соб (Сіб), мінімальна відстань до якої становить 59 м від складу вапняку в північно-західному напрямку. Річка Соб (Сіб) – річка на Придніпровській височині, в межах Липовецького,

Іллінецького, Гайсинського і Тростянецького районів Вінницької області, ліва притока Південного Бугу (басейн Чорного моря). Довжина річки 125 км, площа водозбору 2840 км<sup>2</sup> (за класифікацією – середня річка).

Прибережно-захисна смуга, що встановлюється по обидва береги річок та навколо водойм вздовж урізу води, становить 50 м для середніх річок. Ширина прибережно-захисної смуги витримана.

Водозабір для потреб підприємства здійснюється із двох джерел водопостачання: артезіанських свердловин (2 шт.), річки Сіб (басейн р. Південний Буг). Загальний об'єм водопостачання становить:

- із артезіанських свердловин – 219,5 м<sup>3</sup>/добу, 22,55 тис. м<sup>3</sup>/рік;
- із поверхневого водозабору — 17400 м<sup>3</sup>/добу, 1774,8 тис. м<sup>3</sup>/рік.

Дві водозабірні свердловини розташовані в м. Гайсин, облаштовані на докембрійський водоносний горизонт; представлений гранітами сірими тріщинуватими.

Водозабірна свердловина №1997/2006: глибина 80 м, дебіт 7 м<sup>3</sup>/год.  
Водозабірна свердловина №2107: глибина 101 м, дебіт 2,2 м<sup>3</sup>/год.

Мета водоспоживання – виробничі та господарсько-питні потреби.

Розміщення свердловин відносно підприємства зображено на рисунку 4.1. Свердловина №1997/2006 розташована на північ від основних джерел підприємства. Свердловина №2107 розміщена на захід від основних джерел підприємства. Відстань від джерел підприємства становить 495 м в південно-східному напрямку.

Оскільки свердловини цукрового заводу розміщені на достатньо великій відстані від можливих забруднювачів, можна зробити висновок, що забруднення підземних вод з поверхні землі, мікробними та хімічними забруднювачами є виключеним.

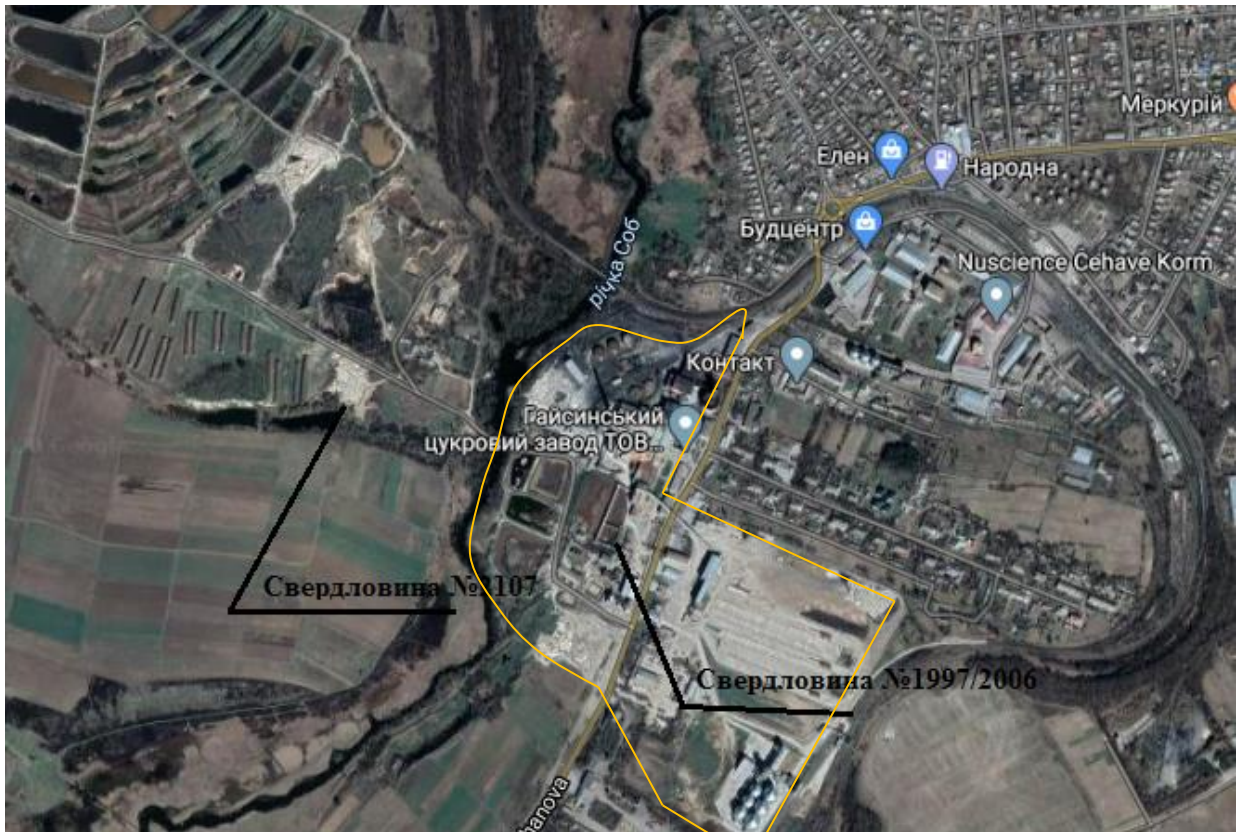


Рисунок 4.1 – Розміщення артезіанських свердловин

Для очищення поверхневих стоків від завислих речовин та нафтопродуктів встановлено локальну очисну установку з бай-пасом Wasser Tank-OMB-6 продуктивністю 6 л/с.

На підприємстві експлуатуються споруди очистки води, яка використовується при мийці та транспортування бур'яків. За рахунок того, що органічні рештки (бур'яни, корінці бур'яків) видаляють з залишкової маси після очистки води і вивозяться з території підприємства, то на поля фільтрації разом зі стічними водами потрапляє лише незначна частина органічних решток. Коефіцієнт ефективності очисних споруд становить 90%.

Виробничі та господарсько-побутові стічні води підприємства відводяться на власні поля фільтрації – 1037,46 тис. м<sup>3</sup>/рік; 10169,48 м<sup>3</sup>/добу.

Поля фільтрації розміщені на відстані 650 м від основного виробничого майданчику. Загальна площа полів фільтрації становить 68 га. Схема розміщення заводських полів фільтрації щодо населених пунктів приведена на рисунку 4.2.



Рисунок 4.2. – Схема розміщення заводських полів фільтрації щодо населених пунктів

Згідно «Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів» затверджених наказом Міністерства охорони здоров'я України від 19.06.1996 р. під № 173, зареєстрованих в Міністерстві юстиції України 24.07.1996 р. за № 379/1404 та із змінами і доповненнями, внесеними наказом Міністерства охорони здоров'я України від 2 липня 2007 року № 362 [34], нормативний розмір санітарно-захисної зони від полів фільтрації при їх продуктивності від 5 до 50 тис. м. куб на добу становить 500 м.

Мінімальна відстань до житлової забудови становить 670 м в північно-східному напрямку. В північному напрямку від полів фільтрації цукрового заводу на відстані 30 м розташовані поля фільтрації маслосирзаводу.

Житлова забудова, що розміщення біля підприємства забезпечена водою із центрального міського водопроводу.

Схема водопостачання та водовідведення не погіршує гідрологічних та санітарно-гігієнічних параметрів водойми.

Для відведення з майданчика дощових та талих вод використовуються приймальні колодязі дощових стоків та водовідні лотки. На мережах дощової каналізації обладнані наступні споруди: приймальні колодязі дощових стоків, водовідвідні лотки, оглядові та поворотні колодязі, сепаратор нафтопродуктів. Відведення дощових та талих вод відбувається системою внутрішніх водостоків з випуском до існуючих дощоприймачів заводської мережі дощових стоків.

Із поверхні полів фільтрації в атмосферне повітря здійснюється викид таких забруднюючих речовин як оцтова кислота, масляна кислота, пропіонова кислота, мурашина кислота, сірководень, аміак.



## 5 АНАЛІЗ УТВОРЕННЯ ВІДХОДІВ ЦУКРОВИМИ ПІДПРИЄМСТВАМИ

### 5.1 Опис процесу утворення відходів

Основними відходами від виробництва цукру з буряків є жом, дифузійна вода, дефекаційний осад, меляса, а при збиранні цукрових буряків з поля – бурякове листя та стебло (бурячиння).

Вихід бурячиння складає 50-70, свіжого жому 70-90, дефекаційного осаду 8-12, меляси 70-90 відсотків від переробленої сировини.

Сто кілограм буряку містить близько 25 кілограм сухої речовини, з них 15-18 кілограм цукрози. Вихід цукру, готової продукції складає 12-15 кілограм. У відходи переходять 10-13 кілограм сухої речовини [35].

Можна відзначити що цукрова промисловість дедалі частіше переходить на виробництво цукру в більших масштабах, а також на цукрових заводах збільшується період переробки цукрового буряку.

Відходи, які утворюються в результаті роботи Відділку №1 по переробці цукрової сировини ТОВ «ПК «Зоря Поділля» передаються згідно договору на збирання та зберігання спеціалізованій організації для подальшої передачі на утилізацію.

Від процесів основного виробництва утворюються відходи переробки цукрового буряка та виробництва цукру: жом, меляса некондиційна, дефекація. Ці відходи відносяться до IV класу небезпеки.

Для власних потреб підприємства використовується допоміжне обладнання (заточний станок, пост електрозварювання, обробка та різка деревини) від роботи якого утворюються відходи абразивних матеріалів (абразивні круги для зачищення, заточування, шліфування або різання металу, що використовуються у верстатах, шліфувальних та різальних машинах, не можуть спрацюватися до кінця, тобто утворюються їх залишки), недогарки

електродів та відходи деревообробки (тирса та стружка деревна). Ці відходи відносяться до IV класу небезпеки.

Для косметичного ремонту території підприємства або технологічного обладнання використовуються лако-фарбувальні матеріали, які закупаються у безповоротній тарі. Тара від лако-фарбових матеріалів повинна бути максимально очищена від фарби. Частина цієї тари використовується повторно для розбавлення та розмішування фарб.

Для підвищення родючості сільськогосподарських угідь та ефективної боротьби з шкідниками та хворобами сільськогосподарських рослин використовуються агрохімікати та пестициди. Ці речовини надходять на підприємство в поліетиленовій або пластмасовій тарі. Матеріали пакувальні від агрохімікатів та пестицидів вважаються забрудненими хімічними речовинами, а тому не можуть бути використані як вторинна сировина і передаються спеціалізованим підприємствам для утилізації.

У виробничих цехах, побутових та офісних приміщеннях та для освітлення території використовуються лампи люмінесцентні. Ці відходи відносяться до I класу небезпеки.

Окрім вищезазначених, відходами цукрового заводу також є шлак паливний, шини, зіпсовані перед початком експлуатації, відпрацьовані, пошкоджені чи забруднені під час експлуатації, відходи, які містять ртуть, батареї свинцеві зіпсовані або відпрацьовані, матеріали пакувальні пластмасові зіпсовані, відпрацьовані чи забруднені, відходи масла, не позначені іншим способом, матеріали обтиральні зіпсовані чи забруднені, тара металева використана, у тому числі дрібна (банки консервні тощо), за винятком відходів тари, що утворилися під час перевезень, матеріали фільтрувальні зіпсовані, відпрацьовані чи забруднені.

Характеристика відходів Гайсинського цукрового заводу приведена у Додатку Г.

Повторне та комплексне використання відходів харчової промисловості дозволяє, окрім вироблення основних харчових продуктів отримувати

додаткові товари, які мають значення в економіці багатьох галузей промисловості.

У розділі 4 було розглянуто забруднення води при роботі цукрового заводу, забруднені води також є відходами виробництва. Жомопресова, транспортно-мийна (із залишками землі після промивки буряку) води, стічні води води регенерації, дефекаат направляються на ситему відстійників, потім надходять на поля фільтрації. Очищені води можуть бути повернені у технологічний процес, або реалізовані фізичним чи юридичним особам. Частіше такі води надходять у систему іригації на полях.

Некондиційний та очищений цукор разом із цукровим зметом можуть бути повернені на виробництво. Їх розбавляють гарячою водою та отриманий сироп потрапляє в технологічний процес.

Для вапнування використовують гашене вапно. Перед надходженням у технологічний процес його перевіряють на відповідність технічних умов. Якщо воно некондиційне, то може використовуватися для власних потреб підприємства, наприклад в якості будівельного матеріалу для ремонтних робіт на території заводу.

Меяса є одним із відходів цукрового виробництва та сировиною для бродильних виробництв, кормових (комбікормових) заводів, для боротьби зі шкідниками сільськогосподарських культур (як приманка з отруювачем) та в інших виробництвах. Також меяса може бути використана напівфабрикат для отримання цукрози хімічним шляхом, методом сепарації [1].

## **5.2 Утворення жому на цукрових підприємствах**

Жом, на який припадає найбільша частина серед усіх відходів виробництва на цукровому заводі, зберігається у спеціально облаштованій жомовій ямі. Жомова яма знаходиться в південно-західній частині всієї території підприємства та має розміри 110 x 70 x 3,5 м. Від житлової забудови вона частково відділена головним корпусом цукрового заводу та

адміністративною будівлею, який має висоту більше 20 м, який, таким чином, являється захисним екраном від даного джерела викиду.

Дно жомової ями забетоноване, а стіни викладені з каміння. Це дозволяє не допустити просочування жодних забруднюючих речовин та жомової води в ґрунти.

Жомова яма передбачає зберігання жому у кількості 490000 т з подальшим вивозом на фермерські господарства за межі підприємства. При зберіганні жому на підприємстві використовуються дезинфіканти, які пригнічують мікробіологічне бродіння жому, а саме Набак, Навісан-М, Жавель-Клейд.

Для поліпшення умов зберігання жому, покращення технологічного процесу виготовлення цукру та зменшення енерговитрат в бурякопереробному відділенні встановлено горизонтальні жомові преса типу PDV, потужністю 8 тис. тон буряку-стружки на добу. Свіжий жом, що виходить з дифузійного апарату, пресують до вмісту сухих речовин, що дає можливість повертати жомопресову воду на дифузію. Після пресів жом направляється на реалізацію та/або у жомосховище.

Також в жомову яму відправляються зіпсовані, покриті брудом цукрові буряки, які не можуть бути використані в технологічному процесі.

В технологічному процесі віджиму стружки буряка передбачена додаткова обробка пресованого жому дезинфікуючими та антибактеріальними засобами, що додатково зменшує мікробіологічне бродіння жому.

У зв'язку із збільшенням потужності виробництва цукру та зменшенням попиту на жом у населення та на фермерських господарствах, проведено будівництво цеху сушки жому із використанням сушильного барабану та встановлення пресів в жомопресовому відділенні з вищим ступенем віджиму, що забезпечить вміст сухих речовин до 20-30%.

Таким чином, на підприємстві зникає необхідність довготривалого зберігання жому зі всіма негативними наслідками для навколишнього середовища та здоров'я людей, а жомосховище змінює своє функціональне

призначення на склад тимчасового зберігання жому та буде використовуватись лише у аварійних та форс-мажорних обставинах для зберігання обмеженої кількості терміном не більше 3-х діб

По методам використання основні відходи, що отримують на підприємствах харчової промисловості, можна розбити на три групи:

- відходи, що можуть бути використані як корм для тварин;
- відходи, що можуть бути сировиною для інших галузей промисловості;
- відходи, що можуть бути повторно використані на тому ж підприємстві.

## **6 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ ПРИРОДООХОРОННИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ЦУКРОВОЇ ГАЛУЗІ**

Найкращі доступні технології (НДТ) – це найбільш ефективна і передова стадія в розвитку виробничої діяльності і методів експлуатації експлуатації об'єктів, яка визначає практичну придатність технологій в якості принципової основи для встановлення граничних величин викидів, призначених для запобігання або, якщо це практично неможливо, зменшення викидів і впливу на навколишнє середовище вцілому [36].

Поняття НДТ роз'яснюється наступним чином:

«Технології» включають в себе як технології, що використовуються, так і спосіб, яким об'єкт спроектований, збудований, обслуговується, експлуатується і виводиться з експлуатації.

Під «доступними» розуміють технології, рівень розвитку яких робить можливим їх впровадження у відповідній галузі промисловості з врахуванням економічної і технічної доцільності, а також затрат і вигод, незалежно від того, використовуються чи виробляються ці технології в даній країні, якщо вони можуть обґрунтовано вважатися доступними для оператора.

Під «найкращими» розуміють технології, найбільш дієві по відношенню до забезпечення високого рівня охорони навколишнього середовища вцілому.

Визначення найкращої доступної технології потребує, щоб дана технологія була розвинена до рівня, що забезпечує її впровадження в даному секторі промисловості. Підставою для признання технології в якості найкращої доступної є її застосування на одному чи більше виробництвах будь-де в світі.

В розділі надано характеристику найкращих доступних технологій для Відділку №1 по переробці цукрової сировини ТОВ «ПК «Зоря Поділля». Дані рекомендації також актуальні для інших підприємств цукрової галузі.

Дане підприємство має теплові установки, номінальна теплова потужність яких перевищує 50 МВт, тому згідно додатку 3 [37] відноситься до виробництв та технологічного устаткування, які підлягають до впровадження

найкращих доступних технологій (НДТ) та методів керування (МК).

Також на підприємстві експлуатуються дві шахтних печі зі змішаним подаванням для випалювання вапняку фактичною потужністю 100 та 200 тон вапняку на добу. Виробнича потужність кожної випалювальної печі для виробництва вапна перевищує 50 тон на день, тому згідно додатку 3 [37] вони відносяться до виробництв та технологічного устаткування, які підлягають впровадженню НДТ та МК.

## **6.1 Найкращі доступні технології для котлоагрегатів**

### **6.1.1 Зменшення температури димових газів**

Одним із варіантів скорочення розмірів втрат теплової енергії в процесі згорання являється зниження температури димових газів, що викидається в атмосферу. Це може бути досягнуто шляхом:

- підбору оптимальних розмірів та інших характеристик устаткування виходячи із необхідної максимальної потужності з урахуванням розрахункового запасу надійності;

- інтенсифікації передачі тепла технологічному процесу у вигляді збільшення питомого потоку тепла (зокрема, при допомозі завихрювачів-турболізаторів збільшують турбулентність потоків робочого тепла), збільшення площі або вдосконалення поверхонь теплообміну;

- рекуперації тепла димових газів з допомогою додаткового технологічного процесу (наприклад, виробництва пара з допомогою економайзера)

- установки підігрівання повітря або води, або організації попереднього підігріву палива за рахунок тепла димових газів. Слід зазначити, що підігрів повітря може бути необхідним, якщо технологічний процес потребує високої температури полум'я (наприклад, скляному чи цементному виробництві). Підігріта вода може використовуватись для живлення котла або в системах

гарячого водопостачання (в т.ч. централізованого опалення);

- очищення поверхонь теплообміну від накопичувальної золи і частинок вуглецю із єдиною метою підтримання високої теплопровідності. Зокрема, в конвекційній зоні можуть періодично використовуватись здувачі сажі. Очистка поверхонь теплообміну в зоні горіння, як правило, здійснюється під час зупинки обладнання для огляду і ТО, однаково в деяких випадках використовується очистка без зупинки (наприклад, в нагрівачах на НПЗ);

- забезпечення рівня виробництва тепла, відповідного існуючим потребам (не перевищує їх). Теплову потужність котла можна регулювати, наприклад, у вигляді підбору кількості подачі палива в топку.

Чим нижча температура димових газів, тим вищий рівень енергоефективності. Однак зниження температури газів нижче певного рівня може бути поєднана із деякими проблемами. Зокрема, якщо температура виявляється нижче кислотної точки роси (температури, при якій відбувається конденсація води сірчаної кислоти, як правило, 110-170 °С в залежності від вмісту сірки в паливі металевих поверхонь), це може призвести до корозії металевих поверхонь. Це вимагатиме застосування матеріалів, стійких до корозії, а також організації збирання й переробки кислого конденсату.

Перераховані вище стратегії (за винятком періодичної очистки) потребують додаткових інвестицій. Оптимальним для прийняття рішення про їх використання являється період проектування і будівництва нової установки. В той же час, можливо й впровадження цих рішень на існуючому підприємстві (при наявності необхідних площадок для установки устаткування).

Деякі застосування енергії димових газів можуть бути обмежені внаслідок різниці між температурою газів і потребами у певній температурі на вході енерговикористовуючого процесу. Прийнятна величина вказаної різниці визначається балансом між енергозбереженням і витратами на додаткове устаткування, що необхідне для використання енергії димових газів.

Заходи по зниженню температури димових газів можуть приводити до збільшення утворень деяких забруднюючих речовин.



Термін окупності може перебуває у діапазоні від менше п'яти років до п'ятдесяти років залежно від багатьох параметрів, включаючи розмір установки, температуру димових газів тощо.

### **6.1.2 Зменшення масових витрат димових газів за рахунок зниження надлишку повітря горіння**

Надлишок повітря горіння може бути зведений до мінімуму за допомогою регулювання витрат повітря в співвідношенні з витратами палива. Ця задача може бути значно полегшена у вигляді автоматизованого вимірювання вмісту кисню в димових газах. В залежності від того, наскільки швидко і часто змінюються відповідні характеристики технологічного процесу, витрата повітря може регулюватися вручну або в автоматизованому режимі. Занадто низькі витрати повітря приводять до гасіння полум'я і необхідності повторного запалювання, що може викликати зворотні удари полум'я і, як наслідок, пошкодження устаткування. Тому дотримання техніки безпеки завжди потребують деякого надлишку повітря

Скорочення потрапляння повітря горіння призводить до збільшення концентрації в димових газах не згорівших або неповністю згорівших продуктів – частинок вуглецю, оксиду вуглецю і вуглеводнів, наслідком чого може бути перевищення встановлених нормативів викидів. Це обмежує можливості підвищення енергоефективності за рахунок обмеження витрати повітря горіння. На практиці надходження повітря обмежується до таких величин, при яких не відбувається перевищення встановлених нормативів.

Можливості для зниження надлишку повітря горіння обмежуються, бо це призводить до підвищення температури газу в топці; занадто високі температури здатні призводити до пошкодження системи.

Мінімальний надлишок повітря горіння, необхідний для утримання об'єму викидів у встановлених межах, залежить від конструкції пальників і особливості технологічного процесу.

Мотивами впровадження може бути забезпечення більш високої робочої температури, особливо у випадку безпосереднього нагрівання.

### **6.1.3 Дотримання нормативно - допустимих викидів оксиду вуглецю та азоту діоксиду**

Скорочення викидів оксиду вуглецю та азоту діоксиду можливе шляхом дотримання необхідного та достатнього рівня «надлишку» повітря.

При недостатній кількості повітря чи поганому перемішуванні з окислювачем буде реагувати тільки частина палива. Таким чином, горіння буде неповним і в продуктах згорання з'явиться монооксид вуглецю (чадний газ).

Якщо і далі зменшувати подачу окислювача, то окрім СО в продуктах горіння будуть присутні водень і навіть вуглець у вигляді сажі. Таким чином, наявність достатнього надлишку повітря в топці є гарантією незначної кількості викидів оксиду вуглецю в атмосферне повітря.

З іншого боку надмірний надлишок кисню супроводжується утворенням термічного NO з молекулярного азоту повітря. Адже кожен зайвий відсоток кисню породжує 10-15% NO<sub>x</sub>, крім того, частково знижує ККД котла за рахунок збільшення витрати димових газів та їх температури, що викликає потребу у помірному регулюванні надлишку кисню. Тому утримування мінімального надлишку повітря призводить до допустимого рівня викидів NO<sub>x</sub>.

Отже, підтримання балансу між мінімальним та достатнім надлишком повітря в топці котлоагрегату забезпечує нормативно допустимі викиди NO<sub>x</sub> та СО.

### **6.1.4 Моніторинг і вимірювання**

Моніторинг і вимірювання являють собою важливу частину етапу «перевірки» в циклі «планування-здійснення-перевірка-коригування», на якому засновані системи менеджменту.

Вимірювання в моніторингу можуть здійснюватись в контексті управління технологічними процесами, а також аудитів. Вимірювання важливі для отримання достовірної та послідовної інформації з питань, пов'язаних з енергоефективністю. Це може бути інформація як по об'ємах споживання ресурсів (електроенергії, пари тощо), такі і по характеристиках (наприклад, по температурі або тиску) певних енергоресурсів (пара гарячої води, охолоджувальної води тощо). Для певних ресурсів настільки ж важливою може бути інформація по вмісту енергії в зворотних чи відведених потоках (наприклад, у газах що відводяться, охолоджувальній воді, що скидається, тощо), необхідна для аналізу енергоспоживання і складання енергетичних балансів.

Одним з найважливіших завдань моніторингу і вимірювань є забезпечення врахування витрат, які базуються на фактичному енергоспоживанні, а не на довільних припущеннях чи оцінках, які можуть опинитися згодом застарілими. Наявність даних, які відображають реальну картину енерговитрат, здатна додати імпульсу діяльності по підвищенню енергоефективності. Однак на існуючих підприємствах установка нових вимірювальних пристроїв може бути пов'язана із складнощами – наприклад, може бути важко знайти достатньо довгу пряму ділянку труби, яка забезпечує ламінарний потік, необхідний для вимірювання масової витрати. В подібних випадках або в тих ситуаціях, коли енерговикористання пристрою або виду діяльності відносно невелике (при порівнянні з загальним споживанням установки чи системи, в склад яких вони входять), можуть використовуватись оцінки та розрахункові значення.

Управління виробничим процесом часто потребує вимірювань матеріальних потоків, і ці дані можуть використовуватись при формуванні показників енергоефективності.

#### Непрямі методи моніторингу

Інфрачервоне сканування важкого устаткування дозволяє виявити ділянки з підвищеною температурою, які можуть бути пов'язані з втратами

енергії, а також надлишковим навантаженням на рухомі частини.

Для критичних елементів устаткування, від яких залежить енергоспоживання, наприклад, підшипників, конденсаторів та інших вузлів, може здійснюватись постійний або періодичний моніторинг робочої температури. Підвищення температури корпусу вказує на те, що вузол виходить із ладу.

Можливі й інші ознаки збільшення втрат енергії, наприклад, підвищення рівня шуму.

#### Облік споживання і удосконалені системи обліку

Традиційні установки обліку просто вимірюють кількість того чи іншого енергоресурсу, що споживається установкою, системою або видом діяльності. Показники таких пристроїв, котрі, як правило, знімаються в ручну, служать основою для виставлення рахунків за енергоспоживання. Однак розвиток технологій призвів до появи недорогих пристроїв обліку, які можуть встановлюватись без тимчасового переривання енергопостачання (у випадку використання роз'ємних датчиків) і займають набагато менше місця, ніж звичайні лічильники.

Поняття «удосконалена інфраструктура обліку» (УІО) і «удосконалене управління обліком» (УУО) відносяться до систем, які забезпечують вимірювання споживання за допомогою таких пристроїв, як лічильники електроенергії, води чи газу, а також збір (за допомогою різних коштів комунікації) і аналіз даних від лічильників по запитах оператора чи по заздалегідь визначеному графіку. Ця інфраструктура включає апаратне і програмне забезпечення для передачі даних, підтримки пов'язаних з обліком систем споживача, а також управління даними обліку.

Центри обліку енергії являють собою виробничі одиниці підприємств, енергоспоживання яких може бути співставлено з характеристиками виробничого процесу, наприклад обсягом випуску продукції.

## 6.2 Найкращі доступні технології для випалювальних печей вапняку

### 6.2.1 Покращення процесів випалювання вапняку

Негашене вапно в залежності від ступеня випалення відносять до слабо-, середньо- і сильновипаленого. Ступінь активності вапна, тобто інтенсивність взаємодії з водою зі зменшенням пористості знижується. Встановлено, що на швидкість розкладання вапняку з поглинанням тепла в печі впливають кілька притаманних вапняку особливостей – його морфологія, склад, а також особливості цього процесу, основними з яких є [36]:

- хімічні характеристики вапняку;
- розмір, щільність і форма частинок карбонатної породи;
- температурний профіль зони випалу;
- швидкість теплообміну між газом і частками.

Основним паливом, що використовується при випалюванні вапна, є кокс (останнім часом все частіше використовується антрацит в силу економічної доцільності). Дуже важливо, щоб в відведених газах містилося підвищене (30-36 % за об'ємом)  $\text{CO}_2$  [36].

Споживання палива в процесі випалу залежить від наступних факторів [36]:

- типу і конструкції печі;
- типу і конструкції пальникового пристрою;
- степеню дисоціації вапняку (ступінь випалу);
- гранулометричного складу сировини;
- втрат випалюваного матеріалу (виділення пилу, просипання);
- вологості.

Процес випалювання вапняку є джерелом значних викидів і істотним споживачем енергії.

Для зниження високого споживання паливної енергії в різних типах печей застосовують різні технічні рішення:

- заходи щодо оптимізації і контролю;
- зниження коефіцієнта надлишку повітря.

### **6.2.2 Опис процесу виробництва вапна**

Сировина для вироблення вапняку (вапняковий камінь) та паливо накопичуються на складах підприємства для забезпечення безперервної роботи основного технологічного устаткування. Сировина (вапняковий камінь) та паливо (вугілля) надходить на дробильно-сортувальні установки (грохота), після дроблення розподіляється в приймальні бункери випалювальних печей. Якість вихідних матеріалів підлягає обов'язковому контролю при надходженні на склад та випалювальну піч.

Подрібнення являється однією з основних стадій при виробництві вапна. Дробленню піддають сировину і паливо перед завантаженням в пічний агрегат. Потім матеріал сортують по розміру шматків. Найбільш широке застосування знайшов механічний спосіб сортування (грохот). Грохот застосовують сортувальними машинами перед дробленням, а також між первинною та вторинною стадією подрібнення. В якості просіювальних поверхонь використовують колосникові та листові решітки, штампові та проволочні сита, резинові сітки. Якість грохоту залежить від розміру отворів сита, кута нахилу грохота, швидкості руху матеріалу, його вологості та кількості глинистих домішок. Для дозування та транспортування матеріалу використовують транспортери різних типів (стрічкові транспортери, ковшові, гвинтові конвеєри, дискові та стрічкові живильники, скіпові підйомники).

За способом випалу шахтні печі бувають зі змішаним подаванням, напівгазові, на газоподібному та рідкому паливі. На Відділку №1 по переробці цукрової сировини ТОВ «ПК «Зоря Поділля» експлуатуються шахтні печі зі змішаним подаванням. Це печі, в яких шар матеріалу, що випалюється, пересипаний шарами твердого палива. Такі печі характеризуються значною робочою висотою шахти (18-19 м) і достатньою теплоізоляцією корпусу, що

забезпечує більш високу економічність процесу випалу.

Загальний вигляд шахтної печі представлений у Додатку Г.

В шахтних печах здійснюється принцип поділу на три зони:

- зона підігріву (відбувається нагрівання сировини від температури навколишнього середовища до  $900^{\circ}\text{C}$  за рахунок тепла газоподібних продуктів, що рухаються з зону випалу);

- зона безпосереднього випалювання (відбувається горіння палива і розкладання шматків вапняку утворюється вуглекислий газ  $\text{CO}_2$  і вапно  $\text{CaO}$  при температурі  $900\text{-}1200^{\circ}\text{C}$ );

- зона охолодження, де температура отриманого вапна знижується до  $80\text{-}100^{\circ}\text{C}$  способом пропускання через шар продукту повітря, що подається знизу вгору.

Завантаження сировини і палива в печі проводиться за допомогою скіпового підйомника і автоматичного вагового дозатора. З пеей газу відсмоктуються з шахти через патрубки. На печах передбачена очистка відпрацьованих газів від пилу за допомогою циклонів.

Вапно вивантажується розвантажувальною решіткою зі зворотно-поступальним рухом. Привід решітки - гідравлічний. Повітря під решітку нагнітається дугтєвим вентилятором.

### **6.2.3 Випалювання вапняку в печах**

Для того, щоб при випалюванні карбонатної породи отримати вапно заданих властивостей і якості, необхідно забезпечити в печах певний тепловий та аеродинамічний режим [36].

Виділення необхідного для розкладання карбонатної породи кількості тепла відбувається при горінні твердого палива. Шихта вапновипалювальних печей містить  $6,5\%$  -  $10,5\%$  палива. Процес горіння розбавленого шару палива відбувається в кілька стадій. Спочатку з палива виділяється волога, потім леткі речовини, пізніше утворений твердий залишок згорає в присутності кисню

повітря [36].

Піроліз кам'яного вугілля починається при низьких температурах. При температурі до 500 °С з вугілля виділяється водень, метан і летюча сірка. Леткі речовини виділяються в інтервалі 500 °С - 700 °С, тобто в зоні підготовки палива, де кисню недостатньо для їх повного згорання. Зважаючи на високу теплотворну здатність метану і водню, втрати тепла (хімічний недопал) для вугілля досягає 8,5% від його теплотворності. Найменше летких речовин міститься в коксі, тому хімічний недопал для коксу не перевищує 2% його теплотворної здатності [36]].

При горінні вуглецю палива крім вуглекислого газу ( $\text{CO}_2$ ) утворюється значна кількість оксиду вуглецю ( $\text{CO}$ ). Цьому процесу сприяє контакт  $\text{CO}_2$  з розпеченою поверхнею вуглецю палива (твердого залишку). Такі умови створюються при нерівномірному розподілі палива в шарі шихти і завищеному дозуванні палива [36].

Розбавлення шару палива інертним матеріалом сприяє допалюванню оксиду вуглецю. Однак процес спалювання  $\text{CO}$  ніколи не відбувається повністю і погіршується зі збільшенням вмісту в шихті дрібних домішок, які забивають проміжки між шматками і тим самим перешкоджають перемішуванню газів [15].

Вміст  $\text{CO}$  в газах збільшується також при пошаровому завантаженні сировини і палива. Як наслідок, оксид вуглецю є одним з первинних продуктів горіння твердого палива незалежно від кількості поданого повітря і навіть при хорошій організації процесу міститься в газах в кількості 1% - 2% [36].

По мірі вигорання палива його розміри безперервно зменшуються і тому частина з них, провалюючись між шматками вапна, потрапляє на розвантажувальний механізм, складаючи втрати тепла від механічного недопалу палива [36].



#### 6.2.4 Регулювання процесу випалювання вапняку

Після того, як печі виведені на робочий режим, випалювальник стежить за приладами теплового контролю і візуально за підтриманням заданих параметрів випалювання. Основним параметром процесу є температура випалу. Зважаючи на складність безпосереднього вимірювання температури матеріалу по поперечному перерізу шахти, вона контролюється випалювальником візуально через спеціальні спостережні отвори, розташовані в зоні випалу [36].

На температуру матеріалу впливають численні фактори, основними з яких є:

- співвідношення «паливо - сировина»;
- гранулометричний склад і якість палива та сировини;
- співвідношення «паливо - повітря» і швидкість вивантаження вапна.

Впливаючи на перераховані фактори, випалювальник підтримує в печах необхідну температуру випалу і забезпечує виготовлення вапна заданої якості [1].

Паливо подається в шахту автоматичним дозатором. Початкову масу палива встановлюють на підставі проектних даних печі і калорійності палива, яке застосовується [36].

Склад палива і карбонатної породи істотно впливає на температуру випалу в печі і на повноту згоряння палива, тобто на його питомі витрати. Найкращим вважається таке співвідношення розмірів палива і карбонатної породи, коли застосовуються ідентичні фракції. Однак такий гранулометричний склад шихти забезпечити важко. Задовільні результати виходять, якщо розмір шматків палива удвічі менший шматків карбонатної породи [36].

Застосування для випалу в шахтних печах зі змішаним подаванням вугілля з розміром шматків менше 25 мм може супроводжуватись перевитратою палива, зниженням продуктивності печі і погіршенням якості вапна [36].

Негативний вплив на процес випалу надає неоднаковий

гранулометричний склад карбонатної породи. Наявність в карбонатній породі понад 10% дрібних домішок призводить до нерівномірного розподілу повітря по перерізу шахти і тому нерівномірне і неповне вигорання палива. цього є утворення в зоні випалу окремих ділянок підвищених і низьких температур, що супроводжується недопалом і перевипалом вапна [36].

Отже, параметри процесу випалювання необхідно підбирати таким чином, щоб забезпечити мінімальні витрати палива і вихід необпаленого вапняку. Точний вибір параметрів процесу важливий з точки зору досягнення необхідних якісних характеристик продукції та впливу на викиди [36].

На викиди впливають вміст домішок і поведінка вапняку в процесі випалювання. Коливання вмісту сірки у вапняку впливає на вміст викидів  $SO_2$  з газами, що відходять. Для забезпечення певних характеристик продукції слід враховувати особливості типу печі та умови процесу. Тип очисного обладнання залежить від конструкції печі і застосованого палива [36].

#### Викиди пилу

Пил утворюється за рахунок найбільш дрібних частинок вапняку, що подається в піч, при термічному і механічному руйнуванні, при його розтріскуванні в печі і в меншій мірі за рахунок золи палива. Рівень вмісту пилу на вході в знепилюючі пристрої коливається в широких межах залежно від конструкції печі, її потужності і сировини, що використовується. Так як вихідний газ з печей є продуктом подальшого використання (сатураційний газ) і проходить кілька ступенів очистки, в тому числі і «микрої», в місці виходу його в атмосферу (сатураційні установки) викиди пилу не фіксуються.

#### Викид $CO$

Слід підкреслити той факт, що в порівнянні з печами інших видів, наявність викидів  $CO$  у випадку шахтних пересипних печей не є ознакою неповноти згорання. Умови експлуатації вапняково-випалювальних печей визначаються вимогами до якості продукції, тобто необхідними властивостями вапна, що отримується. Чим вищі викиди  $CO$ , тим вище енергоспоживання печі: кожен відсоток підвищення викидів  $CO$  збільшує витрату енергії на 200 кДж / кг вапна. Тому печі експлуатують таким чином, щоб забезпечити

мінімальні викиди CO, що гарантують допустимі показники продукції. З точки зору зниження викидів CO оптимізація процесу є єдиним рішенням. При випалюванні в шахтних печах зі змішаним подаванням продукції з конкретними властивостями необхідно підтримати рівень викидів CO між 1 і 2%. Проте для певних цілей потрібне сильно обпалене вапно, яке отримують в шахтних печах.

### Викид NOx

Таку оптимізацію технологічного процесу, як вирівнювання та оптимізація роботи установки і / або усереднення подавання палива і сировини, можна використовувати для зниження викидів NOx. Нижче перераховані спеціальні параметри контролю процесу оптимізації, що здатні позитивно впливати на викиди NOx:

- швидкість нагріву
- рівень температури випалу
- надлишок повітря
- температура вторинного повітря
- тиск повітряного дуття
- дисперсність вугілля
- вміст у паливі летких речовин, довжина і температура факела.

Ефект для навколишнього середовища – зниження викидів і витрати енергії. Експлуатаційні показники. Близько 68% викидів NOx з шахтних печей в ЄС нижче 100 мг/нм<sup>3</sup>.

### Придатність та економічні показники

Оптимізація технологічного процесу і контроль за процесом можуть бути впроваджені у вапнякове виробництво, але необхідно зазначити, що на практиці криві нагріву процесу випалювання вапняку оптимізовані відповідно до якості продукції і енергоспоживання. Криві нагрівання можуть змінюватися, якщо це дозволяють технічні характеристики кінцевого продукту, але при зміні кривих нагріву з урахуванням викидів слід враховувати додаткові витрати.

## **7 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ ЗМЕНШЕННЯ ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮВАЛЬНИХ РЕЧОВИН**

### **7.1 Екологічний податок**

Підприємства по виробництву цукру являються платниками екологічного податку відповідно статті 240 Податкового кодексу України. Екологічний податок стягується за викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря, скиди забруднюючих речовин у водне середовище та за розміщення відходів [38].

Відповідно до статті 242 об'єктами та базою оподаткування являються обсяги та види забруднюючих речовин, які викидаються в атмосферне повітря стаціонарними джерелами, які скидаються безпосередньо у водні об'єкти, а також обсяги та види (класи) розміщених відходів, окрім тих що розміщуються на власній території та відносяться до вторинної сировини [38].

Ставки податків описані у статтях 243- 245. Ставки податку за викиди в атмосферне повітря забруднюючих речовин визначаються за [38]:

- найменуванням речовини;
- класом небезпечності речовини;
- ОБРВ (орієнтовний безпечний рівень впливу).

Ставки податку за скиди у водні об'єкти визначаються відповідно до найменування речовини, ГДК або ОБРВ. Ставки податку за розміщення відходів, які визначаються відповідно до класу безпеки та рівня небезпечності відходів [38].

Існує пряма залежність між розміром викидів і скидів забрудників та розміщення відходів та сумою екологічного податку який буде сплачено підприємством. Тому модернізація та реконструкція підприємства відповідно до екологічних стандартів забезпечуватиме зменшення видатків за забруднення довкілля.

В даному розділі представлений розрахунок екологічного податку за викиди в атмосферне повітря на основі даних Звіту з інвентаризації викидів

забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами Гайсинського цукрового заводу.

В попередніх розділах даної магістерської роботи було розглянуто рекомендації до впровадження природоохоронних заходів та моделей, що забезпечуватимуть скорочення викидів забруднюючих речовин в атмосферу. Серед запропонованих заходів виділено чотири для яких буде розраховано суму зменшення екологічного податку та ефективність капіталовкладень у впровадження цих природоохоронних заходів (табл. 7.1).

Таблиця 7.1 – Перелік природоохоронних заходів

Найменування заходу	Джерела викиду	Загальний обсяг витрат за кошторисною вартістю, тис. грн.	Очікуване зменшення викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря після впровадження заходу, т / рік
Вдосконалення автоматичного регулювання рівня забезпечення вироблення тепла відповідно до потреб виробництва	Котельня	1 000	<i>До впровадження:</i> NO <sub>x</sub> – 116,635 т/рік, CO – 86,354 т/рік, SO <sub>2</sub> – 92,43 т/рік, зола – 15,607 т/рік <i>Після впровадження:</i> NO <sub>x</sub> – 113,136 т/рік, CO – 2,591 т/рік, SO <sub>2</sub> – 89,657 т/рік, зола – 15,295 т/рік
Впровадження системи контролю вмісту кисню в димових газах		100	<i>До впровадження:</i> NO <sub>x</sub> – 116,635 т/рік, CO – 86,354 т/рік <i>Після впровадження:</i> NO <sub>x</sub> – 99,1410 т/рік, CO – 77,719 т/рік
Забезпечення нормативно-допустимих викидів оксиду вуглецю та азоту діоксиду			
Оптимізація процесу горіння палива та випалювання вапняку шляхом запровадження автоматизації контролю основних параметрів роботи печей.	Печі випалювання вапняку	500	<i>До впровадження:</i> NO <sub>x</sub> – 7,423 т/рік, CO – 362,131 т/рік, SO <sub>2</sub> – 7,698 т/рік <i>Після впровадження:</i> NO <sub>x</sub> – 7,2 т/рік, CO – 351,267 т/рік, SO <sub>2</sub> – 7,467 т/рік
Система контролю надлишку кисню в зоні горіння печі з метою зниження викидів CO у вихідних пічних газах		100	<i>До впровадження:</i> NO <sub>x</sub> – 7,423 т/рік, CO – 362,131 т/рік, SO <sub>2</sub> – 7,698 т/рік <i>Після впровадження:</i> NO <sub>x</sub> – 7,052 т/рік, CO – 307,811 т/рік, SO <sub>2</sub> – 7,467 т/рік

Сума викидів до впровадження природоохоронних заходів становить:

- NO<sub>x</sub> (оксиди азоту) – 248,116 т/рік;
- CO (вуглецю оксид) – 896,952 т/рік;
- SO<sub>2</sub> (ангідрид сірчистий) – 107,826 т/рік;
- Зола (тверді речовини) – 15,607 т/рік.

Сума викидів після впровадження природоохоронних заходів становить:

- NO<sub>x</sub> (оксиди азоту) – 226,529 т/рік;
- CO (вуглецю оксид) – 739,388 т/рік;
- SO<sub>2</sub> (ангідрид сірчистий) – 104,591 т/рік;
- Зола (тверді речовини) – 15,295 т/рік.

### 7.1.1 Розрахунок екологічного податку

Згідно Статті 249 пункту 3 Податкового кодексу України: суми податку за викиди в атмосферне повітря забруднюючих речовин стаціонарними джерелами забруднення ( $P_{bc}$ ), обчислюються податковими агентами самостійно щокварталу виходячи з фактичної кількості викидів та ставок податку наведених відповідно до статті 243.

Розмір платежів визначається за формулою:

$$P_{bc} = \sum_{i=1}^n M_i * H_{ni}, \quad (7.1)$$

де  $M_i$  – фактичний обсяг викиду  $i$ -тої забруднюючої речовини в тоннах (т);

$H_{ni}$  – ставки податку в поточному році за тону  $i$ -тої забруднюючої речовини у гривнях з копійками.

Результати розрахунку нормативів плати до впровадження природоохоронних заходів приведені в таблиці 7.2.

Результати розрахунку нормативів плати після впровадження природоохоронних заходів приведені в таблиці 7.3.

Таблиця 7.2 – Розрахунок суми екологічного податку до впровадження природоохоронних заходів

Найменування речовини	Норматив плати, грн./т	Викид, т/рік	Розмір плати, грн./рік
NO <sub>x</sub> (оксиди азоту)	2574,43	248,116	638757,27
CO (вуглецю оксид)	96,99	896,952	86995,37
SO <sub>2</sub> (ангідрид сірчистий)	2574,43	107,826	277590,489
Зола (тверді речовини)	96,99	15,607	1513,72
Всього:			1004856,8

Таблиця 7.3 – Розрахунок суми екологічного податку після впровадження природоохоронних заходів

Найменування речовини	Норматив плати, грн./т	Викид, т/рік	Розмір плати, грн./рік
NO <sub>x</sub> (оксиди азоту)	2574,43	226,529	583183,05
CO (вуглецю оксид)	96,99	739,388	71713,24
SO <sub>2</sub> (ангідрид сірчистий)	2574,43	104,591	269262,21
Зола (тверді речовини)	96,99	15,295	1479,97
Всього:			925683,47

Проведені розрахунки вказують на зменшення видатків на екологічний податок на 79173,33 грн/ рік.

## **7.2 Розрахунок загальної економічної ефективності природоохоронних заходів**

Ефективність впровадження природоохоронних заходів визначається за показниками загальної та порівняльної економічної ефективності. При цьому слід враховувати, що ефективність є відносним показником, який визначається за співвідношенням ефекту і витрат, що його викликали.

Загальна (абсолютна) ефективність затрат на впровадження природоохоронних заходів визначається для виявлення економічної

результативності природоохоронної діяльності на всіх рівнях господарювання (підприємство, регіон, галузь, держава).

Загальна (абсолютна) економічна ефективність природоохоронних заходів ( $E_a$ ) розраховується як відношення річного обсягу повного економічного ефекту до суми приведених витрат, які викликали цей ефект. Розраховується за формулою (7.2):

$$E_a = \frac{\sum \sum E_{ij}}{C_n + E_n * K_n}, \quad (7.2)$$

де:  $E_{ij}$  – повний економічний ефект і-го виду від упередження збитків на j-му об'єкті, грн.;

$C_n$  – річні поточні витрати на обслуговування і утримання основних фондів, які забезпечили цей ефект, грн.;

$E_n$  – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень ( $E_n = 0,14$ );

$K_n$  – капітальні витрати на будівництво основних фондів природоохоронного призначення, грн.

$$E_a = \frac{79173,33}{0,14 * 1700000} = 0,333. \quad (7.3)$$

Сукупність природоохоронних заходів вважається неефективною оскільки  $E_a$  менше одиниці.

Зазвичай капітальні вкладення в природоохоронні заходи мають тривалий термін окупності, тому, при аналізі їх ефективності за формулою (7.2), приведені витрати на впровадження заходів можуть перевищувати отриманий ефект.

Тому необхідно визначити прогнозований ефект за весь термін експлуатації природоохоронного обладнання та порівняти його з сумою капітальних та поточних витрат за цей період.

Також ефективність природоохоронних заходів можна визначити за показником загальної ефективності капітальних вкладень.



Показник загальної економічної ефективності капітальних вкладень ( $E_{ак}$ ) розраховується за формулою:

$$E_{ак} = \frac{\sum \sum E_{ij} - C_H}{K_H}, \quad (7.4)$$

$$E_{ак} = \frac{79173,33}{1700000} = 0,05. \quad (7.5)$$

Капітальні вкладення неефективні оскільки  $E_{ак} < E_H$ .

Водночас, необхідно враховувати, що нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень ( $E_H$ ) є величиною зворотною до терміну їх окупності ( $T$ ), або:

$$T = \frac{1}{E_H}, \text{ років} \quad (7.6)$$

$E_H = 0,14$  відповідає терміну окупності капітальних вкладень протягом 7 років, що може бути виправданим для вкладень у капітальні об'єкти виробничого призначення, але вкладення в природоохоронні об'єкти, як правило, мають більший термін окупності.

Прогнозований (паспортний) термін роботи природоохоронного обладнання дорівнює близько 25 років, тоді капітальні вкладення можна в природоохоронні заходи можна вважати ефективними.

## ВИСНОВКИ

В даній магістерській роботі було проаналізовано екологічний вплив від виробництва цукру з цукрових буряків цукровими заводом, а також розглянуто шляхів зменшення негативного впливу на атмосферне повітря шляхом впровадження найкращих доступних технологій.

Було охарактеризовано цукрову галузь промисловості України за показниками виробництва цукру різними підприємствами. Представлено технологічні аспекти виробництва цукру з цукрових буряків з детальними схемами виробництва.

Проведено аналіз викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від основних та допоміжних виробництв цукрових підприємств за даними наданими Гайсинським цукровим заводом на основі Звіту з інвентаризації викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами даних було проведено розрахунки викидів забруднюючих речовин від деяких технологічних процесів виробництва цукру. Одним з головних аспектів для цукрового виробництва є впровадження заходів, що мінімізують викиди забруднюючих речовин, зокрема парникових газів. Сукупність методів і технологій, що були розглянуті у роботі може забезпечити зменшення виділення в атмосферу парникових газів, що позитивно впливатиме на тенденції зміни клімату країни.

Аналіз забруднення води цукровими підприємствами було розглянуто також на прикладі Гайсинського цукрового заводу з урахуванням основних параметрів водоспоживання та забруднення води з подальшим очищення на полях фільтрації. Було проведено аналіз відходів виробництва цукру з методами їх утилізації в розрізі даних по Гайсинському цукровому заводу.

Рекомендації щодо впровадження природоохоронних технологій для підприємств цукрової галузі в було розглянуто в розрізі котлоагрегатів та випалювальних печей вапняку підприємства.

Розраховано фінансовий ефект при впровадженні природоохоронних технологій на підприємствах цукрової галузі

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Данилишин М. С. Стан, проблеми та перспективи розвитку бурякоцукрового виробництва України / М. С. Данилишин. // Інноваційна економіка. – 2014. – №55. – С. 53–58.
2. Цукрова галузь України в цифрах. // Національна асоціація цукровиків України. – 2019. – С. 20–29.
3. ДСТУ 4623:2006 Цукор білий. Технічні умови – Київ: Держспоживстандарт України, 2007. – 18 с.
4. Національна асоціація цукровиків України. Пуск цукрових заводів 2020/2021 МР [Електронний ресурс] / Національна асоціація цукровиків України. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.ukrsugar.com/uk/post/pusk-cukrovih-zavodiv-20202021-mr-onovleno?sec=novini>.
5. Про затвердження Інструкції про зміст та порядок складання звіту проведення інвентаризації викидів забруднюючих речовин на підприємстві від 10.02.95 № 7 // Зареєстровано в Міністерстві юстиції України. – 15.03.1995 р. – № 61/597.
6. Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами – Донецьк: Український науковий центр технічної екології, 2004.
7. Временная методика расчета выбросов в атмосферу загрязняющих веществ на сахарных заводах – Киев: НПО "Сахар", 1992.
8. Екологія. Глумачний словник/ М. М. Мусієнко, В. В. Серебряков, О. В. Брайон. – Київ: Либідь, 2004. – 374
9. Основи екології: Підручник / Г.О. Білявський, Р.С. Фурдуй, І.Ю. Костіков. – 2-ге вид. – К.: Либідь, 2005. – 408 с.
10. Приходько М. Причини, наслідки і шляхи протидії зміні клімату / М. Приходько. // Наукові записки. – 2014. – №1. – С. 35–43.
11. Національної доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2020 році [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://mepr.gov.ua/files/docs/Zvit/2022/%D0%9D%D0%B0%D1%86%D1%96%D0>

%BE%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%20%D0%94%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D1%96%D0%B4%D1%8C%202020%20(2).pdf.

12. Паризька угода (Угоду ратифіковано Законом No 1469-VIII від 14.07.2016). Режим доступу: [http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/995\\_161/](http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/995_161/)
13. Юрченко В. В. (2011). Важливість розуміння проблеми парникового ефекту професійної діяльності спеціаліста сільськогосподарської сфери. Бюлетень наукових праць БелГСХА. 28. 91-94.
14. Ляшенко С.О., Фесенко А.М, Ляшенко О.С., Юрченко В.В. (2018). Впровадження АСУТП цукрового виробництва в Україні: екологічні аспекти. Інженерія природокористування. 2(10) 31-40.
15. Castaldini S. (2007). Control system Pcs7 and M.I.S. together for the complete automation of the process in the sugar beet factory of Co.Pro.B. Computer Aided Chemical Engineering. 24. 841-846. doi.org/10.1016/S1570-7946(07)80163-5/
16. Rajaeifar M., Nemayati S., Tabatabaei M., Aghbashlo M., Mahmoudi S. (2019). A review on beet sugar industry with a focus on implementation of waste-to-energy strategy for power supply. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 103.423-442.
17. Вимоги до виробництва цукру приведено у відповідність до європейських. Урядовий портал. Режим доступу: <https://www.kmu.gov.ua/ua/news/vimogi-do-virobnictva-cukru-privedeno-u-vidpovidnist-do-yevropejskih>
18. Власенко Л. О. Ладанюк А. П. (2010). Підвищення ефективності функціонування технологічного комплексу цукрового заводу за рахунок використання методів діагностики та прогнозування. Восточно-Европейский журнал передових технологий. 2/3 (44). 57-62.
19. Штангеев К. О. (2015). Випарні установки та теплові схеми цукрових заводів. 57.
20. В. Ю. Белоусов, А. Ф. Літвінов, О. А. Потапов, Ю. Н. Горчинський (2002). Стратегія автоматизації виробництва цукру. Цукор. 1. 40–42.

21. Фесенко А.М., Панкова О.В., Гутянський Р.А., Цехмейструк М.Г., Безпалько В.В. (2016) Оцінка впливу сільськогосподарського підприємства на якість повітря. Інженерія природокористування.1 (5). 131-135
22. Опорний конспект лекцій з дисципліни «Теорія прийняття рішень». Режим доступу: <http://dspace.tneu.edu.ua/retrieve/52501/lek.pdf>.
23. Сучасна теорія управління. Частина 2. Прикладні аспекти сучасної теорії управління: підручник для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», спеціалізацій «Автоматизоване управління технологічними процесами», «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси та виробництва» (2017)/ Ю.М. Ковриго, О.В. Степанець, Т.Г. Баган, О.С. Бунке; КПІ ім. Ігоря Сікорського.
24. Ляшенко С.О. (2014). Синтез нейромережевих підходів керування складними динамічними процесами у цукровому виробництві. Вісник НТУ «ХП». Збірник наукових праць. Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. 61(1103). 30–39.
25. Інструмент для розрахунку проектних викидів або витоків CO<sub>2</sub> від спалювання викопного палива (Tool to calculate project or leakage CO<sub>2</sub> emissions from fossil fuel combustion), Версії 02.Режим доступу: <http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-03-v2.pdf>
26. Керівництво МГЕЗК з національних інвентаризацій парникових газів 2006 року. Режим доступу: [http://www.ipccggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/3\\_Volume3/V3\\_2\\_Ch2\\_Mineral\\_Industry.pdf](http://www.ipccggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/3_Volume3/V3_2_Ch2_Mineral_Industry.pdf)
27. 1996 МГЕЗК Керівні принципи національних інвентаризацій парникових газів (1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories); Режим доступу: <http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/gl/invs6a.htm>
28. 2006 МГЕЗК Керівні принципи національних інвентаризацій парникових газів (2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories); Режим доступу: [http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/pdf/5\\_Volume5/V5\\_3\\_Ch3\\_SWDS.pdf](http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/pdf/5_Volume5/V5_3_Ch3_SWDS.pdf)

29. Гусятинська Н. А. До питання екологізації виробництва цукру [Електронний ресурс] / [Гусятинська Н. А., Чорна Т. М., Бондар Л. М., Касян І. М.] // Збірник наукових статей “III-го Всеукраїнського з’їзду екологів з міжнародною участю”. – Вінниця, 2011. – Том.2. – С.548–551.
30. Деклараційний патент на винахід 52378 А України, МПК7 C13/C1/00. Спосіб приготування сухого активованого адсорбенту з відходів бурякоцукрового виробництва /Ліпец А.А., Гусятинська Н.А. Гусятинський М.В., Чагайда А.О., Бібік Д.В. – 2002043150; Заявл. 17.04.2002; Опубл. 16.12.2002, Бюл. №12
31. Чайка О. Г. Аналіз відходів цукрового виробництва, їх негативний вплив на довкілля / О Г. Чайка, І. М. Петрушка // Цукор України, 2014. – № 3(99). – С. 37–38.
32. Лобода Н. С. Підземні води, їх забруднення та вплив на навколишнє середовище / Н. С. Лобода, Н. Д. Отченаш. – Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2017. – 199 с.
33. Коваленко О.О., Василів О.Б., Патік Т.П. Оцінка ефективності використання води на підприємствах харчової галузі [Електронний ресурс] Режим доступу: [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)
34. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів, затверджені наказом МОЗ України від 19.06.1996, №173 та зареєстровані в Міністерстві юстиції України 24 липня 1996 р. за №379/1404.
35. Денщиков М. Т. Отходы пищево промышленности и их использование / Михаил Тихонович Денщиков. – Москва: Пищепроиздат, 1963. – 617 с. – (Издание второе. Переработаное и дополненное).
36. Новосельцева В. Р. Впровадження найкращих доступних технологій у підприємствах цукрової галузі / В. Р. Новосельцева // Матеріали І науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ–2021) : збірник доповідей. – Вінниця : ВНТУ. – 2021.

37. Про затвердження Інструкції про загальні вимоги до оформлення документів, у яких обґрунтовуються обсяги викидів, для отримання дозволу на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами для підприємств, організацій та громадян-підприємців від 09.03.2006 N 108 // Зареєстровано в Міністерстві юстиції України. – 29.03.2006 р. – № 341/12215.

38. Податковий кодекс України від 2.12.2010 року № 2755-VI. Розділ VII Екологічний податок// (Відомості Верховної Ради України. – 2011. – № 13-17. – Ст.112.

**Додаток А**  
**Технічне завдання**

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет  
Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри ЕХТЗД  
д.т.н., професор  
\_\_\_\_\_ В.Г.Петрук  
(підпис)  
« 4 » жовтня 2022 р.



**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

на магістерську кваліфікаційну роботу

**«Обґрунтування заходів екологічної безпеки для підприємств цукрової галузі»**

за спеціальністю 183 – Технології захисту навколишнього середовища

08-12. МКР.202.01.000 ТЗ

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи: к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ В. А. Іщенко  
(підпис)

« 4 » жовтня 2022 р.

Виконавець: студент групи ТЗД-21м

\_\_\_\_\_ В. Р. Новосельцева  
(підпис)

« 4 » жовтня 2022 р.



### 1. Підстава для проведення робіт.

Підставою для виконання роботи є наказ №203 по ВНТУ від «14» вересня 2022 р., та індивідуальне завдання на МКР, затверджене протоколом №4 засідання кафедри ЕХТЗД від «28» вересня 2022 р.

### 2. Мета роботи.

Метою роботи є екологічна оцінка впливу виробництва цукру з цукрових буряків, а також огляд шляхів зменшення негативного впливу на атмосферне повітря шляхом впровадження природоохоронних технологій.

### 3. Вихідні дані для проведення робіт.

Звіт по інвентаризації викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел на Відділок №1 по переробці цукрової сировини ТОВ «ПК «Зоря Поділля» (Додаток В).

### 4. Методи дослідження

Методи аналізу, математичного моделювання, методи оцінки впливу на довкілля, методи статистичної оцінки.

### 5. Етапи роботи і терміни їх виконання

№	Найменування етапів БДР	Термін виконання
1.	Розробка технічного завдання.	04.10.2022
2.	Літературний огляд та характеристика цукрової галузі	15.10.2022
3.	Дослідження впливу цукрової промисловості на довкілля	28.10.2022
4.	Проведення розрахунків викидів шкідливих речовин цукровим підприємством в атмосферне повітря	10.11.2022
5.	Розробка заходів для зменшення негативного впливу на довкілля виробництва цукру	20.11.2022
6.	Проведення розрахунків економічної ефективності від впровадження заходів для зменшення викидів забруднюючих речовин	05.12.2022
7.	Підготовка висновків, додатків і переліку літератури.	10.12.2022

### 6. Призначення і галузь використання

Розробка може бути використана цукровими підприємствами для зменшення їх впливу на довкілля.

### 7. Вимоги до розробленої документації

Пояснювальна записка та ілюстративна частина.

### 8. Порядок приймання роботи

### 9. Порядок приймання роботи

Публічний захист роботи «20» грудня 2022 р.

Початок розробки «28» вересня 2022 р.

Граничні терміни виконання МКР «13» грудня 2022 р.

Розробив студент групи ТЗД-21м  В. Р. Новосельцева

## Додаток Б

ПРОТОКОЛ  
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Обґрунтування заходів екологічної безпеки для підприємств цукрової галузі

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота

Підрозділ екології, хімії та технологій захисту довкілля

## Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 86,5% Схожість 13,5%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку  Матусяк М.В.

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи

Автор роботи  Новосельцева В.Р.

Керівник роботи  Іщенко В.А.

**Додаток В**  
**Вихідні дані**

ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ  
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ  
«ПРОДОВОЛЬЧА КОМПАНІЯ «ЗОРЯ ПОДІЛЛЯ»

**ЗВІТ**

по інвентаризації викидів забруднюючих речовин  
на Відділок №1 по переробці цукрової сировини  
ТОВ «ПК «Зоря Поділля»

Розроблено:

Директор ПП «Інтер-Еко»



Гончарук В.С.

«14» 09 2020 року

Вінниця, 2020 р.

Рисунок В.1 – Звіт по інвентаризації викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами

## Додаток Г

### **ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА**

ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАХОДІВ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ДЛЯ  
ПІДПРИЄМСТВ ЦУКРОВОЇ ГАЛУЗІ

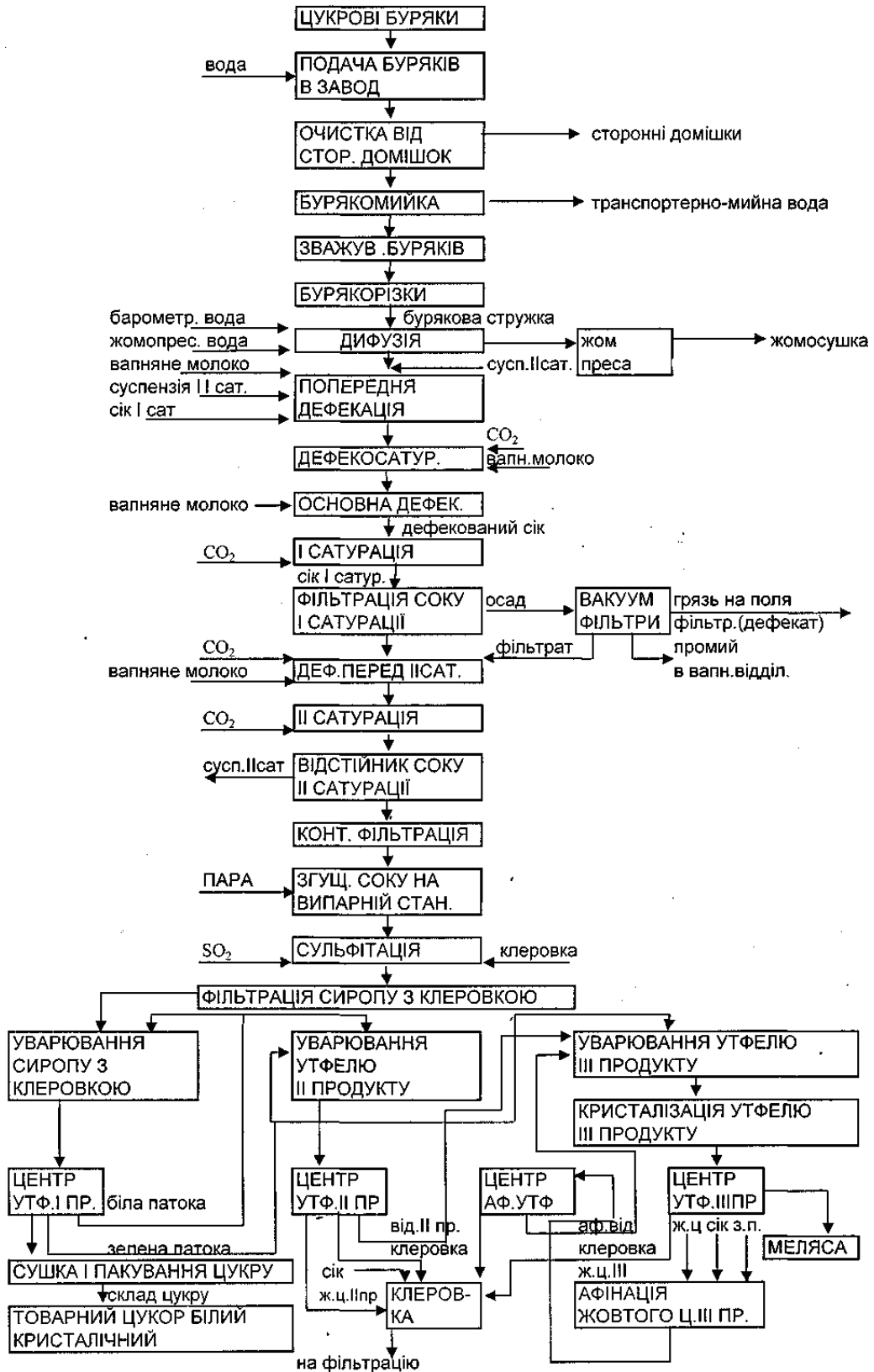


Рисунок Г.1 – Схема процесу виробництва цукру з цукрового буряку

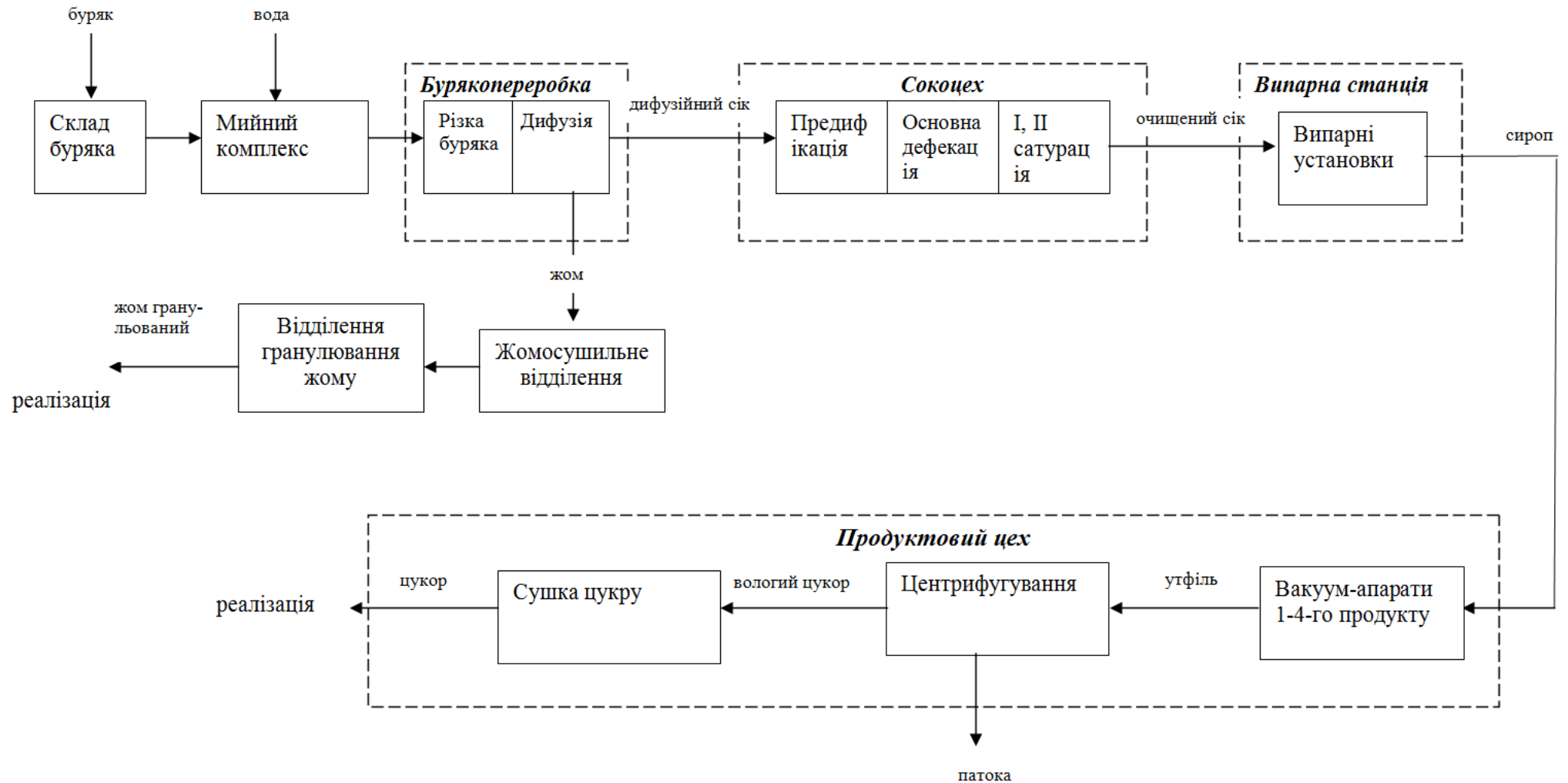


Рисунок Г.2 – Схема виробничої структури цукрового заводу

Таблиця Г.1 – Перелік відходів від виробництва цукру та їх характеристики

Найменування відходу за нормативно-технологічною документацією або за ДК-005-96	Загальні відомості про відходи				Поточне поводження з відходами	
	Код відходу за ДК-005-96	Клас небезпеки	Тип відходу за складом	Фізичний (агрегатний) стан	Одиниця виміру	Кількість утворених
Лампи люмінесцентні та відходи, які містять ртуть, інші зіпсовані або відпрацьовані	7710.3.1.26	I	Змішані	Тверді	шт.	600 шт.
Масла та мастила моторні, трансмісійні інші зіпсовані або відпрацьовані	6000.2.8.21	II	Змішані	Рідкі	т.	50,0
Батареї свинцеві зіпсовані або відпрацьовані	6000.2.9.04	III	Змішані	Тверді	т.	3,18
Шини зіпсовані перед початком експлуатації, відпрацьовані, пошкоджені чи забруднені під час експлуатації	6000.2.9.03	IV	Змішані	Тверді	т.	8,59
Матеріали абразивні та вироби з них зіпсовані, забруднені або неідентифіковані, які не можуть бути використані за призначенням	2910.1.0.12	IV	Змішані	Тверді	т.	0,11
Електроди, відпрацьовані у процесах гідрометалургії міді та сплавів мідних	2734.2.9.33	IV	Змішані	Тверді	т.	2,5

## Продовження таблиці Г.1

Матеріали фільтрувальні зіпсовані, відпрацьовані чи забруднені	7730.3.1.05	III	Змішані	Тверді	т.	0,1
Матеріали обтиральні зіпсовані, відпрацьовані чи забруднені	7730.3.1.06	III	Змішані	Тверді	т.	0,3
Тара металева використана, у т. ч. дрібна (банки консервні тощо), за винятком відходів тари, що утворилися під час перевезень	7710.3.1.07	IV	Змішані	Тверді	т.	0,012
Матеріали пакувальні пластмасові зіпсовані, відпрацьовані чи забруднені	7730.3.1.02	IV	Змішані	Тверді	т.	8,0
Стружка деревна	2000.2.2.09	IV	Змішані	Тверді	т.	3,0
Жом	1583.2.9.01	IV	Змішані	Тверді	т.	400000,0
Дефекат	1583.2.9.03	IV	Змішані	Тверді	т.	35700,0
Меляса некондиційна	1583.3.1.04	IV	Змішані	Тверді	т.	25000,0
Відходи комунальні (міські) змішані, у т. ч. сміття з урн	7720.3.1.01	IV	Змішані	Тверді	т.	167,0



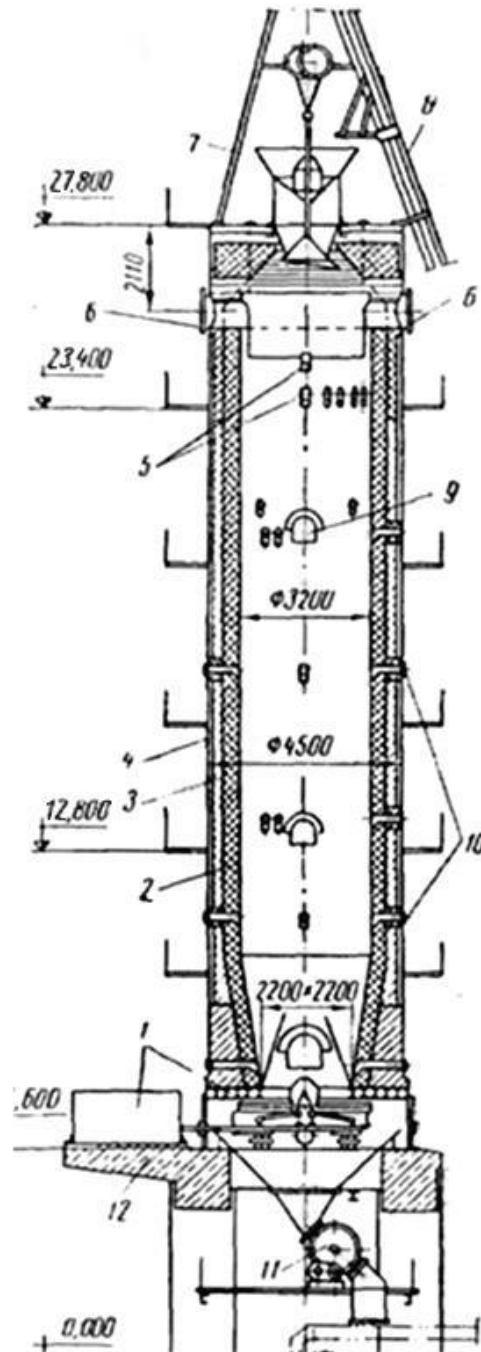


Рисунок Г.3 – Загальний вигляд шахтної печі ч зі змішаним подаванням

1 – механізм вигрузки, 2 – футіровка, 3 – шар кладки з цегли, 4 – шар теплоізоляційної засипки, 5 – отвір для установки датчиків рівнеміра шихти, 6 – патрубки для відсмоктування газів, 7 – завантажувальний пристрій, 8 – скіповий підйомник, 9 – допоміжні люки, 10 – отвори для зорового спостереження, 11 – барабанний затвор, 12 – фундаментна плита.

Таблиця Г.2 – Показники переробки цукрового буряку Гайсинським цукровим заводом

Рік	Потужність переробки, т/добу	Перероблено цукрового буряку, тис. т.	Вироблено цукру, тис. т.	Вихід цукру, %
2020	6914	620	80,9	13,04
2019	7300	683,9	111,8	16,3
2018	6625	940,74	120,6	12,8
2017	6485	691,78	105,52	15,25
2016	7358	738,00	117,02	15,86
2015	7612	692,00	104,05	15,04
2014	6952	720,30	106,31	14,76
2013	6885	633,40	82,35	13,00
2012	6295	688,00	99,02	14,39
2011	5590	570,20	80,57	14,13
2010	5336	402,60	46,61	11,58



Рисунок Г.4 – Джерела забруднення повітря