

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(освітній (освітньо-кваліфікаційний) рівень)

на тему: **Розробка заходів підвищення енергоефективності
системи електропостачання підприємства з технологією
цукроваріння**

Виконав: студент VI курсу, групи ЕЕМЗ-61

напряму підготовки (спеціальності) 141 –

Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Коваль С. В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Костик Л. М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Вакуленко О. О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент Козак К. М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

Кафедра електричної інженерії

Освітній ступінь магістр

Напрямок підготовки _____

(шифр і назва)

Спеціальність 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри ЕІ

проф. Тарасенко М. Г.

«26» серпня 2019 р.

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Ковалю Сергію Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Розробка заходів підвищення енергоефективності підприємства з технологією цукроваріння

Керівник проекту (роботи) Костик Любов Миколаївна, к.т.н., доцент

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

Затверджені наказом по університету від «23» серпня 2019 року № 4/7-731

2. Термін подання студентом проекту (роботи) 15 грудня 2019 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Генеральний план розміщення потужностей цукрозаводу; перелік наявних потужностей підприємства; споживана потужність – не більше 1500 кВт; електроживлення здійснити від модернізованої ТЕЦ; графік роботи - двозмінний

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

1. Вступ

2. Аналітична частина

3. Науково-дослідна частина

4. Технологічна частина

5. Проектно-конструкторська частина

6. Спеціальна частина

7. Обґрунтування економічної ефективності

8. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

9. Екологія

10. Загальні висновки до дипломної роботи

11. Перелік посилань

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Генеральний план підприємства ПП «Європацукор» 1л. ф – А1

2. Схема електричних з'єднань силової мережі 1л. ф – А1

3. Схема однолінійна електричних з'єднань ВРП 1л. ф – А1

4. Схема однолінійна електричних з'єднань РП1 та РП2 1л. ф – А1

5. Схема електричних з'єднань освітлювальної мережі 1л. ф – А1

6. Енергоефективність підприємства. Фактори впливу 1л. ф – А1

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Організаційно-економічна частина	Мельник Л. М., д.е.н., доцент		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Гурик О. Я., к.т.н., доцент		
	Стручок В. С., ст. викл.		
Екологія	Зварич Н. М., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання **02 вересня 2019 року**

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вступ	09.09.2019	
2	Аналітична частина	16.09.2019	
3	Науково-дослідна частина	30.09.2019	
4	Технологічна частина	14.10.2019	
5	Проектно-конструкторська частина	28.10.2019	
6	Спеціальна частина	11.11.2019	
7	Обґрунтування економічної ефективності	18.11.2019	
8	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	02.12.2019	
9	Екологія	02.12.2019	
10	Висновки	06.12.2019	
11	Оформлення пояснювальної записки	09.12.2019	
12	Оформлення графічної частини	09.12.2019	

Студент _____
(підпис)

Коваль С. В. _____
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____
(підпис)

Костик Л. М. _____
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Коваль С. В. Розробка заходів підвищення енергоефективності підприємства з технологією цукроваріння. 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроенергетики. Кафедра електричної інженерії, група ЕЕмз–61. - Тернопіль : ТНТУ, 2019.

Стор. - 130; рис. - 15; табл. - 18; креслень - 6; джерел - 40; додатків -.

У дипломній роботі проведено модернізацію системи електропостачання підприємства з технологією цукроваріння для вирішення завдання підвищення енергоефективності та надійності електропостачання споживачів.

Розроблені заходи щодо створення умов роботи технологічних установок від електро– і тепломережі з когенераційними біогазовими установками, що працюють на супутніх продуктах й відходах буряко–цукрового виробництва, із задіянням зовнішнього електропостачання.

Досліджені математичні моделі безвідходності переробки енергоємних сільськогосподарських культур з позитивним впливом на довкілля, а також прогнозування валового збору визначального для регіону їх набору в залежності від погодних умов, стану ґрунтів та ін.

Виконаний розрахунок електричних навантажень силової та освітлювальної мережі, пристроїв захисту та автоматики, довжини й січення провідникових елементів, струмів к. з., схеми під'єднання до модернізованої тепло-електростанції з двома турбогенераторами когенераційного типу.

Ключові слова: ЕЛЕКТРИЧНА МЕРЕЖА, БІОЕНЕРГЕТИКА, МОДЕЛЬ БЕЗВІДХОДНОСТІ ПЕРЕРОБКИ, СХЕМО–ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ.

ANNOTATION

Koval S. Development of energy efficiency activities on the enterprise with sugar production technology. 141 - Electrical Power Engineering, Electrical Engineering, Electromechanics. Ternopil Ivan Puluj National Technical University. Faculty of Information Technologies and Electrical Engineering. Chair of Electrical Engineering, group EEmd–61. - Ternopil : TNTU, 2019.

Pages - 130; Illustrations - 15; Tables - 18; Drawings - 6; Sources - 40; Applications -.

In diploma paper the modernization of the power supply system enterprise with the technology of sugar production to solve the problem of improving energy efficiency and reliability of electricity supply to consumers has been carried out.

Measures on creation of technological installations working conditions from electrical and thermal network with cogeneration biogas installations that working on the by-products and waste of beet-sugar production, with the involvement of external electricity supply, has been developed.

Mathematical models of waste-free processing of energy-intensive crops with a positive impact on the environment, as well as predicting the gross collection of the region-specific collection of them, depending on weather conditions, soil conditions, etc. are researched.

Electrical loads of the power and lighting network, protection and automation devices, length and section of conductor elements, short-circuit currents, connection scheme to a modernized thermal and power plant with two cogeneration-type turbogenerators have been calculated.

Keywords: ELECTRICAL NETWORK, BIOENERGY, WASTE PROCESSING MODEL, SCHEME-TECHNICAL SOLUTIONS.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	13
1.1 Проблеми розвитку цукропереробного виробництва в Україні	13
1.2 Технологічний процес виробництва цукру–піску	17
1.3 Модернізація технологічного процесу виробництва цукру	28
1.4 Перспективи інноваційного розвитку цукрової галузі	30
1.5 Висновки до розділу	32
2 НАУКОВО–ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	33
Енергоефективність підприємств та подолання бар’єрів з її впровадження	33
2.1 Дослідження факторів, що впливають на енергетичну ефективність підприємств	33
2.2 Дослідження заходів підвищення енергоефективності підприємств з переробки сільськогосподарських культур	41
2.3 Заходи подолання бар’єрів у розвитку енергозбереження на підприємствах	45
2.4 Висновки до розділу	46
3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	47
3.1 Аналіз вихідних даних на проектування та загальна характеристика електроприймачів	47
3.2 Вибір схеми електропостачання підприємства	49
3.3 Розрахунок електричних навантажень основного виробництва	49
3.4 Розрахунок центра електричних навантажень	51
3.5 Визначення розрахункових навантажень виробничого обладнання	53
3.6 Розрахунок електричного освітлення виробничих ділянок	57
3.7 Розрахунок потужності розподільчих пристроїв	61
3.8 Розрахунок навантаження силового трансформатора	61
3.9 Вибір компенсуючих пристроїв реактивної потужності	62

3.10 Висновки до розділу	66
4 ПРОЕКТНО–КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	67
4.1 Вибір площі перерізу проводів і жил кабелів	67
4.2 Кабельний журнал	69
4.3 Вибір захисної апаратури електромережі підприємства	71
4.4 Проектне рішення	74
4.5 Розрахунок максимальних струмів кіл навантаження силового трансформатора	75
4.6 Вибір основного електрообладнання підстанції і низьковольтної мережі електропостачання	80
4.7 Перевірка струмовідних частин системи електропостачання на термічну стійкість	83
4.8 Релейний захист трансформаторів підстанції	84
4.10 Висновки до розділу	84
5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	86
5.1 Дослідження ефективності функціонування цукрової галузі в Україні	89
5.2 Концепція виробництва біогазу з біоенергетичних рослин в Україні	87
5.3 Оптимізація безвідходної технології виробництва цукру	93
5.4 Комплексна переробка відходів цукрового виробництва	96
5.5 Висновки до розділу	100
6 ОБІРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	102
6.1 Аналіз інновацій в буряко–цукровій галузі України	102
6.2 Аналіз проблеми ціноутворення на вторинну сировину цукрової галузі	104
6.3 Висновки щодо ефективності переробки вторинної сировини буряко–цукрового виробництва	107
7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	108
7.1 Заходи з електробезпеки при експлуатації технологічних	

електроустановок	108
7.2 Заходи з охорони праці на виробничих ділянках буряко– цукрового підприємства	110
7.3 Удосконалення механізмів державного управління у сфері цивільного захисту	116
8 ЕКОЛОГІЯ	120
8.1 Актуальність еколого–економічних проблем агропромислового комплексу	120
8.2 Еколого–економічні аспекти виробництва біопалива як чинника енергозбереження	123
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ	125
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	127

ВСТУП

Актуальність теми. На сучасному етапі для розвитку цукробурякового комплексу України крім необхідності впровадження сучасних технологій вирощування цукрових буряків, достатнього забезпечення бурякосіючих господарств високоякісним насінням, мінеральними добривами і засобами хімічного захисту рослин, підвищення якості машинного парку, дедалі актуальнішого значення набуває якнайшвидша реконструкція та модернізація цукрових заводів, розширення їхніх виробничих потужностей до економічно оптимальних меж [2, 8].

Ряд європейських країн–виробників бурякового цукру технічно перебудовують галузь шляхом поступового виведення з експлуатації малопотужних неперспективних цукрових заводів, з нарощуванням потужностей тих підприємств, які забезпечують ефективне виготовлення продукції [1, 15].

Середній цукровий завод в Україні може переробляти до 2700 т цукрових буряків на день, що майже втричі менше, ніж в середньому по країнах ЄС, де переробляються 7500 т на день. Лише 19 із близько 200 заводів в Україні мають потужність понад 5000 т на день. Багато українських цукрових заводів надзвичайно старі: 58 цукроварень було збудовано ще до 1860 року, а ще 66 – до початку сторіччя. У середньому українські цукрові заводи споживають на виробництво 1 т цукру вдвічі більше енергії, ніж у країнах ЄС, а екстрагують лише 80% того цукру, що міститься у цукровому буряку (у Німеччині екстрагується 85%, а на найсучасніших заводах – 90%). Зношеність основних фондів підприємств досягла (55 ... 85)% [13, 34].

Очевидно, що реконструкцію та модернізацію слід здійснювати насамперед на тих ділянках технологічного процесу переробки цукрових буряків і наступних супутніх продуктів (сік, сироп, рафінад), де можна чекати принципово позитивного впливу на споживання теплової й електричної енергії. Одночасно досягається істотне підвищення якості як проміжних продуктів, так і кінцевого, а також підвищення економічних параметрів їх виробництва. Важливо також перебудувати ті ланки виробництва кінцевого продукту, які забезпечуватимуть його реалізацію на ринку, а це стосується насамперед розширення асортименту готової продукції цукрових заводів і підвищення їхньої ринкової вартості [19, 22, 27].

Ще один ефективний шлях технічного переоснащення і на цій основі – забезпечення підвищення ефективності цукрової промисловості - створення спільних цукропереробних підприємств із залученням іноземних інвестицій. Про це переконливо свідчить досвід створення й діяльності спільного українсько-австрійсько-німецького підприємства “Укрінтерцукор” [27, 29].

Найбільш перспективним, з точки зору енергоефективності цукрової галузі, є поєднання на одному заводі виготовлення цукру й переробки біоенергетичних відходів для подальшого отримання біоетанолу чи біогазу. Іншим важливим моментом є можливість, орієнтуючись на ринок, самостійно вирішувати, яку частину урожаю коренеплодів переробити на цукор, а яку –

на біоетанол. Для України, яка постійно страждає від перевиробництва або недовиробництва цукру і стрибків цін на нього, таке запозичення стало б основним стабілізатором внутрішнього цукрового ринку й цін на цукор [7, 10, 30, 32, 33].

Інтенсивний розвиток галузі буряківництва з можливістю генерації електричної енергії внаслідок переробки біогазу неможливий без технічного переоснащення локальних електромереж на основі сучасних комп'ютерних технологій із залученням інвестицій державного і приватного капіталу. При цьому, економічний ефект інвестицій у розвиток локальних електричних мереж у зв'язку з особливостями їх функціонування як суспільно–інфраструктурного комплексу забезпечується фізичним та моральним оновленням обладнання, перерозподілом електричних навантажень, покращенням технічних характеристик електромереж, економією на експлуатаційних витратах нового обладнання, збільшенням доходів від транспортування електричної енергії у порівнянні з передінвестиційним станом [29, 40].

Таким чином, залишається актуальною тематика аналізу проблем забезпечення ефективного функціонування підприємств з переробки цукрового буряка, підвищення продуктивності праці та енергозбереження шляхом залучення до технологічного циклу відходів виробництва в якості поновлюваного джерела енергії і, як наслідок, скорочення собівартості вироблюваної продукції. В умовах існуючого підприємства комплексна електрифікація процесів дозволяє поліпшити ефективність і надійність системи електропостачання.

Мета і завдання дослідження. Метою дипломної роботи є розроблення заходів підвищення енергоефективності підприємства з технологією цукроваріння шляхом модернізації схеми електропостачання, яка забезпечить покращення рівня якості електроенергії та відповідатиме вимогам з енергозбереження.

Поставлена в дипломній роботі мета вимагає вирішення таких задач:

- аналіз заходів, які використовуються на сучасних підприємствах для зменшення втрат електроенергії;
- аналіз математичних моделей для прогнозування регіонального валового збору сільськогосподарських рослин, в тому числі цукрового буряка, для забезпечення потреб біопереробних комплексів підприємств;
- аналіз математичних моделей безвідходності підприємств з технологією цукроваріння на основі використання вторинних біоенергетичних продуктів;
- аналіз ефективності схемо–технічних рішень поєднання в електромережі бурякоцукрового підприємства генераторних установок на біогазі із зовнішнім електропостачанням;
- вибір схеми електропостачання та розрахунок навантажень електроспоживачів підприємства;
- розрахунок силової та освітлювальної електромережі й вибір потужності

трансформаторів;

– розрахунок струмів к. з. та вибір високовольтного й низьковольтного електрообладнання, а також оптимального січення кабельно–провідникової продукції;

– вибір та перевірка сучасного комутаційного обладнання за умовами термічної та електродинамічної стійкості;

– розроблення заходів щодо підвищення енергоефективності підприємства з технологією цукроваріння й зниження втрат електроенергії та потужності в електромережі підприємства.

Об’єкт дослідження - процес підвищення енергоефективності бурякопереробного підприємства на основі залучення вторинної біоенергетичної сировини.

Предмет дослідження - техніко–експлуатаційні характеристики електроустановочного обладнання, що використовується для комплектування виробничого устаткування підприємства та особливості щодо забезпечення надійності й енергоефективності системи енергопостачання.

Наукова новизна отриманих результатів.

– Дістало подальший розвиток дослідження заходів підвищення енергоефективності схемо–технічних рішень комбінованої електромережі з використанням біоенергетичних генераторів;

– Дістало подальший розвиток дослідження впливаючих на енергоефективність підприємств факторів, що найбільше залежать як від комерційної діяльності, так і від фахового внеску його працівників;

– Дістало подальший розвиток дослідження математичних моделей прогнозування валового збору сільськогосподарських культур, а також безвідходності переробки енергомістких продуктів рослинництва;

– Дістало подальший розвиток дослідження заходів зменшення втрат електроенергії шляхом підвищення ефективності використання схемо–технічних рішень компенсації реактивної потужності в електромережі підприємства з технологією цукроваріння.

Практичне значення отриманих результатів.

Ефективне використання схемо–технічного рішення комбінованої електромережі з біоенергетичними установками, що використовують супутні продукти й відходи цукроваріння, дозволить суттєво підвищити енергоефективність всього виробничого комплексу підприємства, а також знизити втрати електроенергії та покращити її якість.

Апробація. Результати досліджень за темою дипломної роботи були представлені на VIII-й Міжнародній науково-технічній конференції молодих

учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» на базі Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя [20].

Структура роботи. Робота складається зі вступу, 8-и розділів, висновків, переліку посилань (40 найменувань).

Загальний обсяг текстової частини - 130 стор., 18 табл., 15 рис.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Проблеми розвитку цукропереробного виробництва в Україні

Криза початку 90-х, охопивши всі галузі агропромислового комплексу, особливо відчутно позначилась на цукробуряковому виробництві і призвела до глибокого занепаду буряківництва як провідної рослинницької галузі та руйнування матеріально-ресурсного потенціалу цукрової промисловості.

Цукробурякове виробництво в нашій державі перетворилося з експортно-стратегічної галузі економіки на дотаційну, що реально загрожує неповним забезпеченням навіть власних потреб цим важливим продуктом. Отже, основними причинами кризових явищ у бурякоцукровій галузі є [8]:

- загальна економічна криза і послаблення ролі держави у розвитку бурякоцукрового виробництва;
- втрата економічної зацікавленості виробників у вирощуванні цукросировини;
- недосконалість механізмів економічного регулювання виробництва, що призвело до серйозних соціальних наслідків – втрати робочих місць, зниження рівня заробітної плати, росту забіоргованості, зменшення надходжень до бюджетів усіх рівнів;
- незавершеність і недосконалість приватизаційних процесів у бурякоцукровій галузі;
- порушення цінового паритету, що спричинило вимивання обігових коштів спочатку сільськогосподарських товаровиробників, а згодом і цукрової промисловості;

- втрата зовнішніх ринків збуту цукру;
- практична відсутність кредитування виробника, що вимушено призвело до переходу на давальницькі схеми переробки сировини і бартерні відносини у галузі;
- нерозвиненість ринкових відносин у сфері виробництва, переробки і реалізації цукру;
- інтервенція на український ринок цукру з тростини, цукромістких продуктів та насіння;
- майже повна відсутність інвестицій у галузь, її непривабливість для вітчизняних і зарубіжних стратегічних інвесторів;
- відсутність чіткого законодавства та правових основ організації виробництва та регулювання ринку цукру;
- різке скорочення матеріально-технічного забезпечення буряко-сіючих господарств і цукрових заводів.

Відродження та подальший розвиток цукробурякового підкомплексу України потребує комплексної системи постійних і довгострокових заходів на рівні державної програми з відповідними законодавчими і регулюючими механізмами. Для розв'язання проблеми необхідно забезпечити структурні, функціональні, енергетичні, сировинні та інвестиційні зміни.

Подолання кризової ситуації й відродження конкурентоспроможності українського цукру на світовому ринку стало національною проблемою, розв'язання якої водночас на макро- і мікрорівнях має не тільки важливе економічне, а й політичне значення. Тож зусилля державних владних структур у центрі, їхніх органів в областях та районах, а також виробничо-господарських формувань на місцях мають спрямовуватися насамперед на організацію відновлення виробництва цукрових буряків з одночасним значним підвищенням його ефективності, здійсненням реконструкції та технічного переоснащення цукрових заводів, застосуванням нових організаційно-правових форм інтеграції виробництва цукрової сировини та її промислової переробки [1].

Вектор усіх організаційно-технологічних і економічних заходів має спрямовуватися на збільшення урожайності та валових зборів. Тільки підвищивши в 1,8 – 2 рази урожайність цукрових буряків, можна забезпечити їх

рентабельне вирощування. Водночас важливо стабілізувати на оптимальному рівні посівні площі. Аналіз свідчить, що в Україні під цукрові буряки доцільно щорічно виділяти 1,1 – 1,2 млн. га орних земель у регіонах із бурякопридатними ґрунтами, достатньою кількістю опадів та необхідним запасом робочої сили. Це відповідає насамперед умовам Тернопільської, Хмельницької, Вінницької, Київської, Черкаської, Полтавської, Сумської, Харківської, частково Львівської, Рівненської, Волинської та Житомирської областей [13].

У найближчі два-три роки урожайність цукрових буряків в Україні слід довести до 300–350, а через чотири-п'ять років – до 400–500 ц/га. Таким чином валовий збір цукрової сировини може досягти 40 млн. т, а виробництво цукру, при 14% його виходу – 5-5,3 млн. т.. Це дозволить щорічно виділяти на експортні поставки до 3-3,5 млн. т цукру. Реальними ринками збуту української продукції є насамперед східноазійські країни та Близький Схід.

Якщо порівняти карту зон бурякосіяння з дислокацією цукроварень, то побачимо значні розбіжності у рівнях концентрації двох складових. Річ у тім, що ми вклали кошти у реставрацію, капітальний ремонт діючих заводів, віддаляючи тим самим прогрес галузі. Натомість ринкові умови потребують як сучасних підприємств, так і повного переформатування галузевої і територіальної структур.

Тим більше, що аналогічну “революцію” у цукровій промисловості здійснили західноєвропейські країни. Вивели з експлуатації малопотужні неперспективні і нерентабельні підприємства, наростили потужності діючих, реконструювали, і ось що вийшло. Середньодобова потужність цукрових заводів у Нідерландах становить 12,1 тис. т буряків, Австрії – 9, Франції – 8,7, США – 5,2 тис. т. А в Україні – 2,67 тис. т буряків [7].

Необхідною умовою підвищення виробництва цукрового буряку в Україні є істотне поліпшення інвестиційного клімату. Тому, відновлення виробництва цукрового буряку в Україні залежатиме від приватних внутрішніх та іноземних інвестицій. Звичайно, самого лише сприятливого інвестиційного клімату недостатньо, щоб залучити інвестиції в українську цукрову промисловість. Приватні інвестори лише тоді надаватимуть капітал, коли будуть впевнені у конкурентній рентабельності своїх інвестицій. А це, в свою чергу, залежить від

конкурентоспроможності виробництва цукру в Україні [15].

У зв'язку з високими транспортними витратами українські цукрові заводи, ймовірно, й надалі користуватимуться конкурентною перевагою над імпортерами на місцевому ринку, навіть якщо й не зможуть конкурувати на міжнародному ринку. Однак неясно, чи ці заводи мають переробляти цукровий буряк, вирощений в Україні, чи, може, натомість перейти на переробку імпортованого сирцю. Поблизу портів, наприклад, в Одеському регіоні, можливо вигідніше виробляти цукор з імпортованого сирцю, ніж із цукрового буряку, вирощеного в Україні [19].

Вирішити питання про те, де будувати й експлуатувати цукроочисні заводи непросто. З одного боку, витрати на сировину можна звести до мінімуму, розташовуючи такі заводи ближче до портів чи великих виробничих центрів; з іншого боку, витрати на збут продукції зменшуються, коли виробництво наблизити до великих центрів споживання, якими є великі міста та великі споживачі, як от кондитерські підприємства та виробники безалкогольних напоїв. Сучасні цукроочисні заводи можна обладнати так, що вони зможуть переробляти як цукрові буряки, так і імпортований сирець. На такому заводі після закінчення бурякової кампанії можна продовжувати виробництво перейшовши на переробку імпортного сирцю, таким чином, можна зменшити період, протягом якого завод стоїть без роботи, та зменшити витрати [19].

У зв'язку з цим важливо нагадати один момент, про який йшлося вище: обсяг інвестицій, необхідний для модернізації цукрової промисловості України, значно перевищує той обсяг, який може забезпечити держава. Інакше кажучи, приватні інвестиції залишатимуться критичним моментом для перебудови цукрової промисловості України. Як зазначалось вище, успіх у минулому не може гарантувати конкурентоспроможність у майбутньому.

Сучасні міжнародні цукрові ринки дуже нестабільні, до того ж вони конкурентні та заполітизовані. Зовсім не очевидно, що справді незаперечні агрокліматичні переваги України достатні для того, щоб дозволити їй конкурувати з виробниками, які мають незначні витрати на виробництво, зокрема, з виробниками тростинного цукру з Латинської Америки, Азії та Африки, а також країнами, де експортери одержують значні субсидії, як от у ЄС. У минулому ціни

на цукор на світовому ринку часом падали до 8-9 центів за фунт, і не виключено, що такі періоди, коли навіть країни з найнижчими виробничими витратами, як от Бразилія, втрачали гроші, можуть настати в майбутньому.

За цукровою галуззю стоїть не один мільйон українців, а набагато більше. Сучасний цукровий завод це не тільки близько тисячі робочих місць, а й джерело теплової та електричної енергії, своєрідна теплоелектростанція, яка освітлює і зігріває (здебільшого – у кредит) довколишні селища та міста [32].

Справді, до честі місцевих органів влади, вони взяли на свій баланс соціальні заклади (школи, бібліотеки, клуби тощо), раніше закріплені за цукро заводами. Але з огляду на те, що податки багатьох цукро заводів (переважно з недержавною часткою власності) головним чином формують доходи місцевих бюджетів, а завдяки спонсорству часто утримуються сільські школи, це поки що не більше, як формальність. Для мільйонів і виробників, і споживачів цукор – не лише прибутковий, а й, образно кажучи, теплий товар. Зупинка одного заводу спричинить хвилю протестів, а більш як сотні – соціальний вибух [22].

За цих обставин у агропромислового менеджменту, якщо він не бажає загибелі донедавна процвітаючої галузі, не залишається нічого іншого, як прискорити одночасно і лібералізацію внутрішньої та зовнішньої торгівлі сільгосп продукцією, і деколективізацію на селі, і адміністративну реформу органів управління АПК.

1.2 Технологічний процес виробництва цукру–піску

Сучасні заводи, що виробляють цукор (цукор-пісок та цукор рафінад), представляють собою великі підприємства, що переробляють у добу тисячі тон буряка. Вони добре механізовані, майже всі операції автоматизовані [34].

Взагалі, виробництво цукру – це дуже складний фізико-хімічний процес.

Буряк – це рослина родини маревих, її хімічний склад зумовлений якістю насіння та кліматичних умов, його можна представити схемою (див. рис. 1.1).

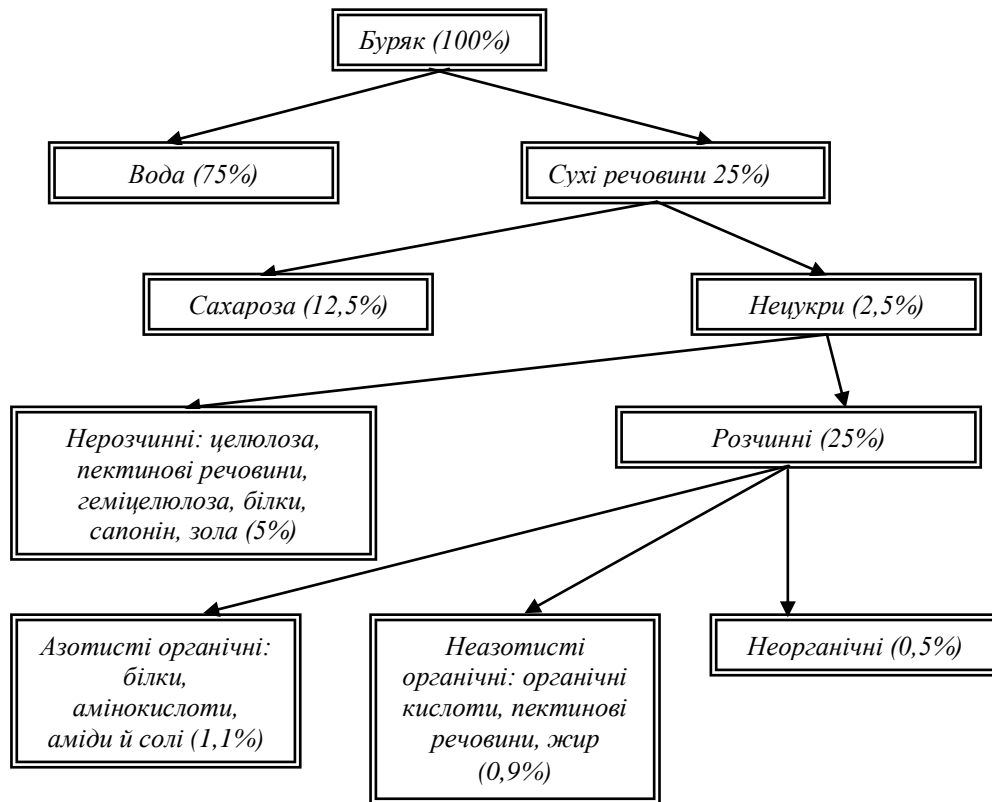


Рис. 1.1 - Хімічний склад цукрового буряка

У коренеплоді цукрового буряка міститься близько 75% води та 25% сухих речовин, які в цукровому виробництві умовно ділять на сахарозу та нецукри.

Вміст сахарози у буряку, або цукристість, може складати 15-22% і в середньому складає 17,5%.

Цукор-пісок та цукор-рафінад, що виробляється з цукрового буряка, являє собою майже чисту сахарозу; так, цукровому піску сахарози міститься 99,75% сухих речовин, а в цукрі-рафінаді – не менш ніж 99%.

Технологічний процес виготовлення цукру з цукрового буряка можна поділити на такі етапи: приймання, первинна обробка чи підготовка сировини; теплова обробка; пакування та зберігання (див. рис. 1.2) [34].

1.2.1 Приймання, первинна обробка й підготовка сировини

Приймання. При прийманні цукрового буряка визначають відповідність до вимог ГОСТів по фізичному стану, зрілості, загальній забрудненості і залежно від цього укладають в кагати на зберігання. Частково пошкоджений (гризунами або механічними ушкодженнями) цукровий буряк одразу направляють на переробку.

Для забезпечення безперебійної роботи і створення 1-2 добових запасів

буряка завод має бурачну, що розташована поруч із заводом.

Доставка на завод, відділення домішок. З бурачної на виробництво цукровий буряк подається за допомогою води по гідравлічному транспортеру. Він представляє 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 доставляється на завод. Витрата води складає 600-700% до маси буряка.

Буряк, що надходить на переробку, містить 5-10% домішок у вигляді піску, каменів, землі. Відділенню домішок на заводі надається велике значення, оскільки вони потрапляють в устаткування, погіршують роботу бурякорізок, знижують якість дифузійного соку і призводять до різкого збільшення втрат цукру. Відділення домішок починається в гідротранспортері, який має спеціальні вловлювачі (пісковловлювачі, каменевловлювачі і т.д.).

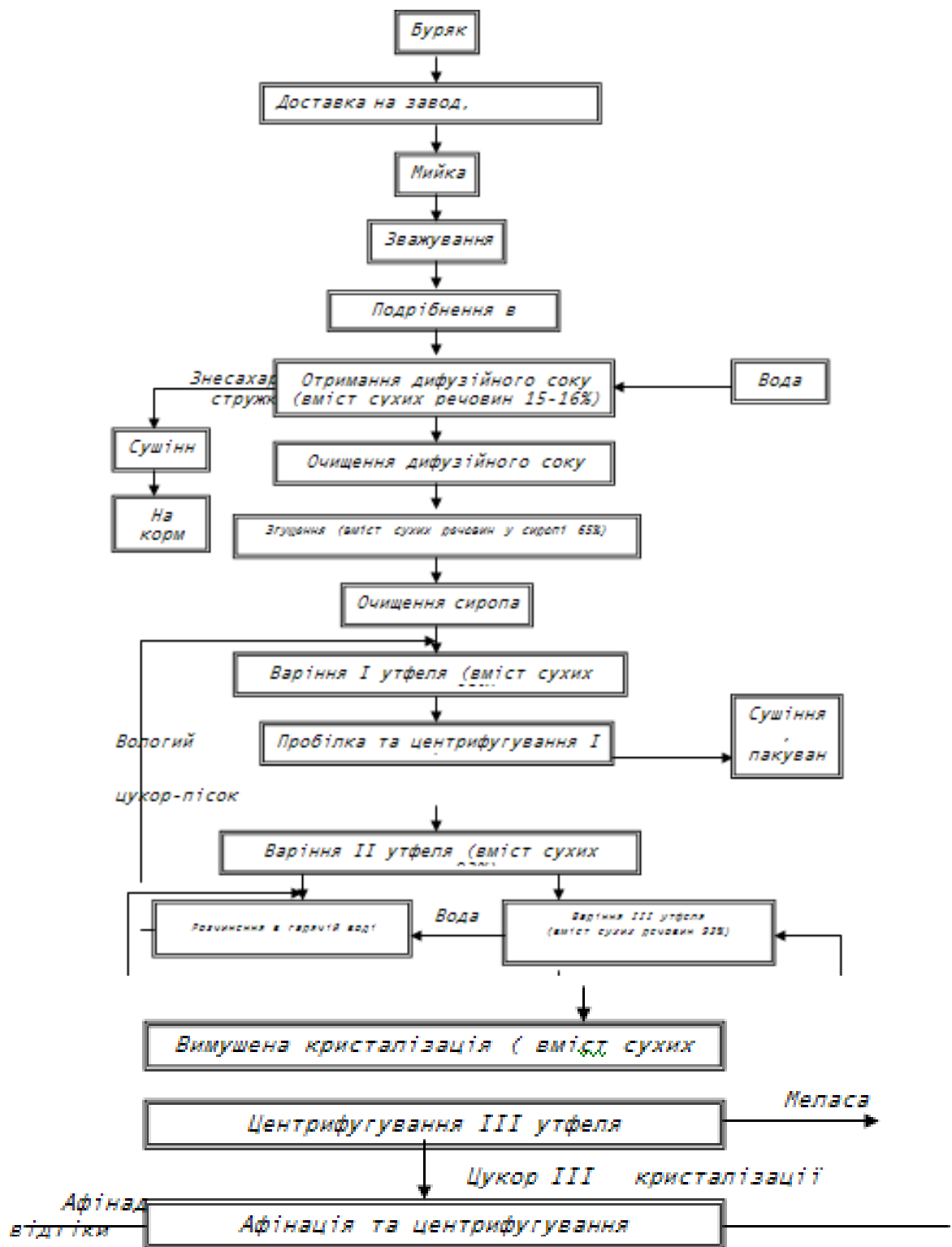


Рис. 1.2 - Принципово-технологічна схема виробництва цукру

При русі буряководяної суміші по гідравлічному транспортеру відбувається відділення буряку та домішок по висоті потоку внаслідок різної щільності. Важкі домішки (камені та пісок) занурюються на дно транспортера. Вище в потоці переміщується буряк, який має щільність близьку до 1, що дозволяє підтримувати буряк у зваженому стані в суміші з водою.

Мийка та зважування буряка. При переміщенні буряка по гідравлічному

транспортеру частина механічних домішок відділяється, але залишаються домішки у вигляді землі, що прилипла до коренеплодів. Для їх видалення буряк подається в мийне відділення заводу. Процес мийки повинен проводитися дуже ретельно, оскільки залишки домішок погіршують якість роботи устаткування і якість дифузійного соку. Мийні ємності представляють собою корита, що наповнені водою, в яких є вали з кулаками. Кулаки утворюють гвинтову лінію і виконують роль шнека. Під час переміщення буряка відбувається відділення домішок. Машини для мийки буряка мають пісколовушки та каменеловушки.

Після мийки буряк піднімають у верхнє відділення на висоту 20 метрів, для забезпечення гравітаційного опускання на автоматичні ваги та бурякорізки.

Подрібнення в стружку. Цукор з буряка отримують дифузійним способом. Для цього буряк подрібнюють в тонку стружку пластинчастої форми. Товщина платівок не повинна перевищувати 0,5-1 мм, ширина – 2,5-3 мм.

Якість платівок впливає на роботу дифузійної установки. Далі бурячні платівки переміщуються у відділення для отримання дифузійного соку.

1.2.2. Теплова обробка

Отримання дифузійного соку. Дифузія - це процес вивільнення із складної речовини одного чи декількох компонентів під дією розчинника (екстрагента), що має вибіркову здатність розчиняти лише ті компоненти, що необхідні для екстрагування. Ціль дифузійного процесу в цукровому виробництві – видобути із стружки буряка максимально можливу кількість сахарози. Для цього перш за все необхідно нагріти стружку до температури денатурації протоплазми бурячних клітин. Процес такої термічної обробки називають обшпарюванням.

В цукровому виробництві дифузійний процес уявляє 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 60⁰С (обшпарювання) починається основний процес вивільнення цукру з вакуолею клітин буряка дифузійний сік (діаліз).

Процес отримання дифузійного соку має ряд природніх обмежень. Відбір соку складає 115-130%, тобто зі 100 кг стружки добувають 115-130 кг соку. При

більшому відборі збільшуються витрати води на знецукрення стружки і збільшуються витрати палива та електроенергії на випарювання зайвої води при згущенні соку.

В активній частині дифузійної установки підтримують температуру 70-75⁰С. Оскільки при $t > 75^{\circ}\text{C}$ відбувається набухання пектинових речовин, і знижується щільність стружки, а при $t < 70^{\circ}\text{C}$ інтенсивно розвиваються мікроорганізми, що призводять до псування стружки.

Очищення дифузійного соку. В процесі дифузії зі 100 кг цукрового буряка отримують 115-130 кг дифузійного соку, який містить 16-17% сухих речовин, з них 14-15% складає сахароза, а 1-2% нецукристі речовини.

Дифузійний сік майже чорного кольору, дуже піниться, має кислу реакцію (рН 6,0-6,5, містить кліткову тканину, розчинні нецукри, що заважають кристалізації сахарози й збільшують її втрату з меласою.

Все це робить неможливим отримувати з нього цукор шляхом безпосереднього випарювання води і кристалізації сахарози й 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, щавелевої, 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 оброблюють вапняним молоком з розрахунку загальної витрати вапна в перерахунку на СаО 2,5% до загальної маси буряка. Температура процесу дефекації має становити 88-90⁰С протягом 10 хвилин.

Дефекація проводиться в дефекаторі, що представляє собою циліндричну посудину з конічним дном. Усередині дефекатора є вал з лопатною мішалкою і 4 контрлопаті, що визивають енергійне перемішання соку з вапняним молоком.

Дифузійний сік і вапняне молоко поступають в нижню частину дефекатора, перемішуються й через верхній патрубок направляються на наступну стадію.

2. Перша сатурація. Одразу після дефекації сік разом з осадом потрапляють в сатуратор, де через нього продувають сатураційний газ, що містить 30-36% CO_2 . В соку, що надходить на першу сатурацію, близько 10% вапна знаходиться в розчині, а 90% - у вигляді осаду. При продуванні CO_2 майже все вапно випадає в осад у вигляді вуглекислого кальцію (CaCO_2). Чим більше утворюється CaCO_2 і чим менше його часточки, тим повніше відбувається очищення соку. Кінцева лужність соку першої сатурації складає 0,08-0,1% CaO , що відповідає $\text{pH}=11$.

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. Сатурацію проводять при температурі 80-85 $^{\circ}\text{C}$ протягом 10 хвилин.

Відсатурований сік відводиться з нижньої частини сатуратора через контрольний переливний бак, який ділиться на два потоки – один повертається на дефекацію, а другий – на фільтрування.

3. Друга сатурація. На другу сатурацію потрапляє 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.

Для розкладення CaCO_2 і утворення CaCO_3 II сатурацію ведуть при температурі кипіння соку 101-102 $^{\circ}\text{C}$ протягом 10 хвилин.

Апарати II сатурації практично не мають розширення верхньої частини, оскільки помітного спізнення не відбувається.

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 проводять для видалення часточок, що не випали в осад. Сік I сатурації має вміст твердих часточок близько 5%, сік II сатурації – 0,05%.

Рушійною силою фільтрування є різниця тисків по обидві сторони фільтрувальної перегородки. При цьому на одній стороні перегородки повинен бути надлишковий тиск або вакуум, а на іншій – атмосферне. Максимальним надлишковим тиском для сатурації є тиск у 0,3-0,4 МПа.

5. Сульфітація соку. Останньою стадією очищення дифузійного соку є сульфітація, тобто обробка соку діоксидом сірки. Ціль сульфітації – знебарвлення соку, а також його знезараження.

Сульфітація соку проводиться в орошальних сульфітаторах. Коефіцієнт використання діоксиду сірки складає 98%, оптимальне значення рН сульфітаційного соку – 8,5-8,8.

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

Згущення соку до сиропу. 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. Цю операцію проводять у два етапи: спочатку сік згущують до вмісту сухих речовин 65%, при якому сахароза не кристалізується. Після повторного очищення сік повторно концентрують (випарюють) до вмісту сухих речовин 92,5-93,5%. Всього при згущенні з очищеного соку видаляють 110-115% води до маси буряка. Розділення процесу згущення на два етапи – згущення соку випарюванням та варіння утфеля – викликано тим, що на першому етапі процес ведуть із застосуванням багатокорпусних апаратів, що дозволяє знизити питомі витрати палива майже в 2,5 рази.

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

Уварювання сиропу та відтіків до утфелів, отримання кристалічного цукру. Очищений сироп, що містить 65% сухих речовин, потрапляє на подальше уварювання. Продукт, який отримали після уварювання сиропу, називають утфелем і містить близько 7,5% води і близько 55% цукру, що кристалізувався.

Уварювання утфеля проводять періодично в вакуум-апаратах у чотири

стадії:

1. згущення сиропу до перенасичення розчину;
2. заводка кристалів цукру (утворення центрів кристалізації сахарози);
3. нарощування кристалів цукру;
4. кінцеве згущення та спуск утфеля.

Згущення сиропу в вакуум-апаратах починають при залишковому тиску 0,02 МПа при низькій температурі кипіння 67-70⁰С, щоб попередити карамелізацію сахарози. По мірі згущення сиропу до 80-82% сухих речовин температура його кипіння підвищується до 73-75⁰С.

Своєчасна заводка кристалів і своєчасне зупинення їх утворення має важливе значення. Тому, як тільки в утфелі з'являється достатня кількість центрів кристалізації, заводку зупиняють. Подальше нарощування (збільшення розмірів) кристалів ведуть при залишковому тиску 0,02 МПа при температурі 75⁰С.

Коли кристали сахарози досягнуть необхідної величини, утфель доводять до максимально можливої концентрації сухих речовин 92,5%, при цьому його температура не повинна перевищувати 75⁰С.

Центрифугування утфеля, відбілення та сушка цукру-піску. Уварений тфель 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 центрифугі ведуть очищення артезіанською водою (витрати 3-3,5% до маси утфеля).

Цукор-пісок після центрифугування має вологість 0,8-1,2%.

Для сушіння цукру-піску використовують апарат з двома барабанами, що обертаються. Всередині, на стінках, закріплені залізні лопатки. При обертанні барабанів цукор-пісок пересипається й пересувається по барабану. До першого сушильного барабану вентилятором подається гаряче повітря. До другого – очищене холодне повітря для охолодження цукру-піску. Охолоджений цукор-пісок направляють на упаковання.

1.2.3 Пакування готової продукції

Згідно стандарту ДСТУ 2316-93 (діючий, введ. 1996–01–01) пакування цукру відбувається механізованим способом.

Цукор-пісок фасують в паперові або поліетиленові пакети масою нетто 0,5 та 1,0 кг. Допустимі відхилення від середньоарифметичного значення маси нетто пакетів з цукром не повинні перевищувати $\pm 2,0\%$.

Цукор-пісок фасують в пакетики з художнім оформленням масою нетто 5-20 г, які виготовлено з комбінованого матеріалу (папір з поліетиленовим покриттям) за діючою нормативною документацією або з імпортного паперу, рівнозначному за показниками якості і дозволеним до застосування органами охорони здоров'я.

Допустимі відхилення від середньоарифметичного значення маси нетто не повинно перевищувати $\pm 3,0\%$.

Поліетиленові пакети повинні бути виготовленні з поліетиленової плівки, що дозволена до застосування органами охорони здоров'я, за ГОСТ 10354–82, паперові – з двох шарів паперу: внутрішнього та зовнішнього. Для внутрішнього шару застосовують папір марки Д та Е-П для упакування продуктів на автоматах за ГОСТ 7247–2006, папір для обгортання марки В та Д за ГОСТ 8273–75, етикетний папір марки А за ГОСТ 7625–86 або інші рівнозначні за показниками якості марки паперу, що дозволені до застосування органами охорони здоров'я. Маса паперу площею 1 м² повинна бути не менше 70 г.

Також цукор-пісок пакують масою нетто 50 кг:

- в нові ткані мішки за ГОСТ 8516–93 і рівнозначні за показниками якості мішки, що дозволені до застосування органами охорони здоров'я, що забезпечують зберігання продукції;
- в сухі чисті ткані мішки, що повертаються, першої та другої категорії;
- в ткані мішки з вкладишами – поліетиленовими товщиною не більше 0,100 мм, розміром 109 см x 59 см за ГОСТ 19360–74.

Допускається використовувати мішки третьої категорії та імпортні мішки, що не мають сторонніх запахів і дозволені до застосування органами охорони здоров'я. Цукор не повинен просипатися крізь тканину мішків.

Цукор-пісок також пакують масою нетто 1,0 т в м'які спеціалізовані

контейнери типу МКР-1,0С за діючою нормативною документацією, з поліетиленовими вкладишами з плівки за ГОСТ 10354–82 марки 108-06 харчова.

На кожен мішок з цукром повинен бути прикріплений ярлик з відходів білої або світлої тканини суворого льняного полотна, синтетичного нетканого матеріалу на основі лавсану, розміром 9 см х 5 см. Ярлик накладається на горловину мішка й прошивають одночасно з мішком.

1.2.4 Зберігання цукру

Згідно стандарту ГОСТ 26907-86 (діючий, перевид. 2012–05–01) тривалому зберігання підлягає цукор-пісок та цукор-рафінад, упаковані в тару або без пакування.

Строки зберігання цукру в упаковці встановлюють для цукру-піску:

- на складах, що отоплюються – до 8 років,
- на складах, що не отоплюються – від 1,5 до 4 років, залежно від кліматичних умов та виду тари.

Строки зберігання цукру в упаковці встановлюють для цукру-рафінаду:

- на складах, що отоплюються – до 8 років,
- на складах, що не отоплюються – до 5 років.

Температура цукру, що тривало зберігається, не повинна перевищувати 25⁰С. Цукор зберігають окремо від харчів, що можуть зіпсувати його якість.

1.3 Модернізація технологічного процесу виробництва цукру

ПП «Європацукор» (бувний Іваничівський цукровий завод) - це багатопрофільне підприємство, одне з провідних підприємств цукрового виробництва Волинської області. Компанія була заснована 21 серпня 2002 року на базі Іваничівського цукрового заводу, побудованого в 1956 році. На той час його потужність складала 1200 т на добу.

Нині за сезон компанія переробляє в середньому 200 тис. т цукрового буряка, який поставляється з Волині, Рівненської та Львівської областей.

Цукор на підприємстві виробляється II-ї та III-ї категорій та реалізується під торговою маркою ПП «Європацукор». Побічні продукти - жом та вапно

збувається на внутрішньому ринку (Волинська, Рівненська та Львівська області), а меляса - як на внутрішньому, так і експортується в Польщу.

Остання повна реконструкція заводу проводилась в 1975 році. Тоді потужність заводу було доведено до 3000 т/добу. Поточна потужність заводу становить 2760 т/добу. У 1990 році запустили в експлуатацію жомосушильне відділення для виробництва сухого та гранульованого жому. Виробництво сухого жму – до 70 тон за добу в сезон переробки буряку.

На наступні роки підприємством запланована модернізація грівів відтоків I-го продукту, грівів соку передвипарної станції, грівів вакуумних апаратів I-го, II-го, III-го продуктів. Крім того, буде замінено центрифуги I-го продукту, проведено капремонт дифузійного апарату ДС-12. Також буде придбано преси глибокого віджиму та фільтр-преси.

Обсяг робіт, виконаних наступний:

Для реалізації трипродуктової схеми підприємством "Теплоком" у процесі реконструкції продуктового відділення заводу було виконано перекомпонування технологічних потоків згідно з розробленою схемою й додатково встановлене силами заводу нове обладнання (див. рис. 1.3).



Рис. 1.3 - Модернізація технологічного обладнання цукрозаводу

Крім того, виконана ревізія й доукомплектовано дві приймальні мішалки для утфелю II-го продукту, перекомпоновані збірники продуктів перед вакуум-апаратами.

Перехід продуктового відділення на роботу згідно трипродуктової схеми дозволив:

- збільшити кількість утфелю I-го й II-го продуктів;

- збільшити вихід цукру в першому обороті;
- суттєво зменшити доброякісність меляси;
- зменшити кількість меляси;
- зменшити вміст цукру в мелясі.

З метою покращення якості готової продукції та зниження матеріально-енергетичних витрат на виробництво цукру виконується також комплекс робіт з модернізації теплотехнологічної схеми підприємства із впровадженням суттєво іншої інженерної технології - встановлення комплексу обладнання глибокої переробки жому і використання його для генерування біогазу, двох генераторних установок когенераційного типу для вироблення електро- і теплоенергії з цього біогазу.



Рис. 1.4 - Біоенергетичні установки на цукрових заводах різної потужності

Така прогресивна технологія енергетично повністю забезпечує безвідходну технологію переробки цукрового буряка. Крім цього, сухий залишок жому після генерації біогазу у вигляді компосту цілком придатний як мінеральна добавка для внесення в ґрунт.

1.4 Перспективи інноваційного розвитку цукрової галузі

Одним із перспективних напрямів інноваційного розвитку цукрової галузі є поєднання на цукровому заводі виробництва цукру та біоетанолу. За даними асоціації «Укрцукор» на виробничі потреби цукрові заводи на рік витрачають

(280 ... 290) млн. м³ природного газу та (270 ... 280) млн. кВт·год. електроенергії. Частка палива та енергії в собівартості переробки 1 тони цукрових буряків сягає (35 ... 40)%, а в собівартості цукру - (25 ... 30)%. В той же час у галузі сформувалася група з 10 цукро заводів, які стабільно мають витрати умовного палива до маси буряків у межах 4%, а витрати природного газу на 1 тону цукрових буряків - (25 ... 30) м³ [19].

Це результат заміщення викопних корисних копалин енергетичною біосировиною, якої є в достатку в АПК та на цукрових заводах зокрема. Так, в кінці 2010 року в країнах світу нараховувалось 575 заводів з виробництва біоетанолу загальною потужністю 80,6 млн. тон, а основною сировиною для них була цукрова тростина, кукурудза, цукрові буряки, пшениця. Найбільшими виробниками біоетанолу з рослин у світі є: США – 54,3% від загального обсягу виробництва, Бразилія – 33,7%, ЄС – 5%, Китай – 2,8%, Канада – 1,8%, Таїланд, Індія, Колумбія, Австралія сумарно - 1,6%, інші країни – 0,8%. В Україні виробництво біоетанолу знаходиться поки що в зародковому стані, хоча природні умови для цього є найкращими серед усіх країн Європи [7].

З 1 тони коренеплодів можна одержати, в середньому, 100 л біоетанолу, що при врожайності 50 т/га забезпечує його вихід на рівні 4500 літрів. Із пресованого жому при його переробці на спеціальній біогазовій установці можна одержати 23,8 м³ біогазу із вмістом метану 70%, або 1190 м³ в розрахунку на 1 гектар при урожайності 50 т/га.

Так, за даними «УкрНДІ Спиртбіопрод» на виготовлення 1 тони біоетанолу необхідно витратити: дифузійного соку (цукристістю 14%) – 11,2 тони, цукрового сиропу (цукристістю 45%) – 3,47 тони, зеленої патоки (цукристістю 50%) - 3,13 тони коренеплодів, меляси (цукристістю 46%) - 3,4 тони, безпосередньо цукрових буряків – 9,77 тони. При рівні рентабельності 10% ціна біопалива (без ПДВ) становитиме, відповідно: із дифузійного соку – 7,56 грн./л, цукрового сиропу і зеленої патоки – 7,66 грн./л, меляси – 5,5 грн./л. З решти напівпродуктів ціна біопалива на 40% вища, що свідчить, насамперед, про високу собівартість цукрових буряків в Україні ~ 315 грн./т [7].

Викликає значний інтерес виробництво біогазу з жому, меляси, коренів, гички та інших органічних відходів на біогазовій установці за ціною на 25%

нижчою за ціну природного газу. Вихід біогазу (з вмістом метану 70%) з 1 т пресованого жому дорівнює 100 м³, а з 1 т меляси - 430 м³. При спалюванні біогазу в когенераційній установці з 1 м³ біогазу можна отримати 3,1 кВт теплової енергії або 2,1 кВт електроенергії, яку можна використовувати для потреб заводу, опалення місцевих тепломереж, або направити в електромережу за «зеленим тарифом».

Отже, цукрові буряки – це не тільки біоетанол, а й потужне джерело біогазу, який можна використовувати для одержання теплової або електричної енергії.

1.5 Висновки до розділу

Відродження та подальший розвиток цукробурякового підкомплексу України потребує комплексної системи постійних і довгострокових заходів на рівні державної програми з відповідними законодавчими і регулюючими механізмами. Вектор усіх організаційно-технологічних і економічних заходів має спрямовуватися на збільшення урожайності цукрового буряка.

Необхідною умовою підвищення виробництва цукрового буряку в Україні є істотне поліпшення інвестиційного клімату для приватних внутрішніх та іноземних інвестицій.

Сучасні заводи, що виробляють цукор, представляють собою великі підприємства, що переробляють за добу тисячі тон буряка. Вони добре механізовані, майже всі операції автоматизовані. Такі заводи є джерелами теплової та електричної енергії, своєрідними теплоелектростанціями, які освітлюють і зігрівають довколишні селища та міста.

Одним із перспективних напрямів інноваційного розвитку цукрової галузі є поєднання на цукровому заводі виробництва цукру та біоетанолу. З 1 тони коренеплідів можна одержати, в середньому, 100 л біоетанолу, що при врожайності 50 т/га забезпечує його вихід на рівні 4500 літрів. З пресованого жому при його переробці на спеціальній біогазовій установці можна одержати до 1200 м³ біогазу із вмістом метану 70% в розрахунку на 1 гектар.

2 НАУКОВО–ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ПІДПРИЄМСТВ ТА ПОДОЛАННЯ БАР'ЄРІВ З ЇЇ ВПРОВАДЖЕННЯ

2.1 Дослідження факторів, що впливають на енергетичну ефективність підприємств

Визначення і оцінювання факторів, що впливають на енергоефективність підприємств, а також виділення найбільш значущих є необхідним для розробки заходів з підвищення їх енергоефективності. Основоположним етапом є аналіз, систематизація та доповнення класифікацій факторів, на підставі чого розроблюється система організаційно-економічних факторів, що впливають на енергоефективність промислового підприємства [35].

Для аналізу значущості факторів впливу через неможливість кількісної оцінки деяких з них обраний метод оцінок експертів - метод безпосереднього оцінювання. Відповідно до нього визначені експерти присвоюють бали факторів згідно їх значимості. Інтервал оцінки - від 1 до 10: чим вища важливість впливаючого фактору, тим вищий бал. Після первинної оцінки виділяють групи з однаковими балами. Експерти оцінюють значимість факторів усередині цих груп методом додавання 0,1 в порядку зростання значимості.

Для досягнення кінцевої мети експертної оцінки - визначення значимості факторів B_i , де i - номер фактору, розраховується узагальнена оцінка експертів, що представляється як частка від суми балів усіх респондентів опитування за кожним з i фактором та суми всіх балів за усіма факторами [21].

В результаті проведених розрахунків експертів отримують структуру економічних впливаючих факторів, що наведена в табл. 2.1, а також організаційних факторів, поданих у табл. 2.2.

Таблиця 2.1 – Структура економічних впливаючих факторів на енергоефективність промислового підприємства

Назва фактору	Ваговий коефіцієнт фактору B_i	Номер фактору B_i згідно його впливу
Фіскальна політика держави в галузі енергозбереження	0,162	3
Фінансові методи мотивації підвищення енергоефективності	0,076	7
Тарифна політика держави у сфері ПЕР	0,193	1
Політика постачальної ПЕР організації	0,156	4
Інвестиційні можливості	0,180	2
Фінансова стійкість підприємства	0,093	6
Особисте стимулювання персоналу	0,140	5
Усього:	1,000	–

Експертна оцінка показує, що, з точки зору експертів, найбільш впливаючими факторами у групі економічних факторів є:

1. Тарифна політика держави у сфері паливно–енергетичних ресурсів (ПЕР).
2. Інвестиційні можливості кожного з підприємств.
3. Фіскальна політика держави в галузі енергозбереження.
4. Політика постачальницької ПЕР організації.
5. Персональне стимулювання працівників.

Таблиця 2.2 – Структура організаційних впливаючих факторів на енергоефективність підприємства

Назва фактору	Ваговий коефіцієнт фактору B_i	Номер фактору B_i згідно його впливу
Кваліфікація персоналу у сфері енергозбереження	0,056	7
Взаємовідносини з підприємствами галузі (галузей) у сфері обміну досвідом, участь у заходах, присвячених енергозбереженню	0,051	10

Продовження таблиці 2.2

Система заохочення пропозицій з економії ПЕР та економії ПЕР через фонд заробітної плати	0,052	9
Енергоаудит	0,140	4
Застосування енергозберігаючих технологій і обладнання	0,158	1

Ступінь використання вторинних ПЕР	0,054	8
Система нормування і обліку ПЕР	0,142	3
Інфраструктура підприємства з постачання ПЕР	0,143	2
Частка виробництва енергоємної продукції	0,128	5
Участь у програмах енергозбереження	0,076	6
Усього:	1,000	–

У групі організаційних факторів найбільш впливаючими, з точки зору експертів, є:

1. Застосування технологій і обладнання, що сприяють енергозбереженню.
2. Інфраструктура підприємства у сфері постачання ПЕР.
3. Наявність чи відсутність системи щодо нормування і обліку ПЕР.
4. Енергоаудит.
5. Частка виробництва з підвищеною енергоємністю продукції.

Автором Сергеевим Н. Н. досліджена математична модель енергоефективності статистично типового підприємства з встановленням вагових коефіцієнтів на кожен впливаючий фактор. В якості результативного показника Y обраний один з показників енергетичної ефективності підприємства, тобто показник питомих енергетичних витрат на 1 грн. випуску продукції. В якості впливаючих факторів $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ на цю результативну ознаку, нижче подані такі основні можливі показники [36]:

X_1 - обсяг випуску продукції, млн. грн.;

X_2 - витрати на утримання енергопостачальних мереж підприємства, млн. грн.;

X_3 - інвестиції в програми з енергозбереження, млн. грн.;

X_4 - чисельність персоналу підприємства, осіб;

X_5 - середня заробітна плата, тис. грн.;

X_6 - вироблення енергетичних ресурсів власними джерелами енергії (частки);

X_7 - питома матеріаломісткість продукції, грн.;

X_8 - середня тривалість робочих змін на підприємстві, год.;

X_9 - середній розряд робочих;

X_{10} - кількість структурних підрозділів;

X_{11} - загальна площа приміщень, забезпечених енергоресурсами, м²;

X_{12} - коефіцієнт завантаження обладнання;

X_{13} - коефіцієнт фактичної енергоозброєності праці (кВт/чол.);

X_{14} - озброєність праці основним капіталом, тис. грн./чол;

X_{15} - питома вага обладнання у вартості основного капіталу.

Для визначення рангу факторів впливу рекомендовано сформувати експертну групу з числа компетентних осіб, до складу якої залучити працівників енергетичних цехів, підрозділів, що займаються енергетичним, технологічним й економічним підготуванням виробничого процесу. Крім того, доцільно залучити керівництво підприємства.

Після формування кожен з групи експертів висловлює свою думку щодо переваги кожного з впливаючих факторів і рангує їх або в порядку зростання (так зване пряме рангування), або зменшення (зворотне рангування). При цьому, рангування факторів здійснюється методом підсумовування рангів. Мінімальній сумі рангів відповідає найбільш важливий впливаючий фактор, який має пріоритетне значення, далі – впливаючі фактори розташовуються в порядку зростання їх суми рангів.

Таким чином, за результатами апріорного рангування усі визначені досліджувані фактори розташовуються згідно їх впливу на рівень енергетичної ефективності підприємства подібно до того, як це подано у табл. 2.3.

Таблиця 2.3 - Експертне рангування впливаючих факторів (зворотне) [36]

Фактор x_i	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}
Ранг фактору R_i	40	38	21	147	136	24	19	110	124	126	112	70	69	76	82

Згідно табл. 2.3 можна визначити найбільш важливі фактори діяльності підприємства які, на думку експертів, впливають на його енергоефективність:

- 1) питома матеріаломісткість продукції $R_7 = 19$;
- 2) інвестиції в програми енергозбереження $R_3 = 21$;

- 3) вироблення енергетичних ресурсів власними джерелами $R_6 = 24$;
- 4) витрати на утримання енергопостачальних мереж $R_2 = 38$;
- 5) обсяг випуску продукції $R_1 = 40$.

Наступним кроком є визначення ступеня узгодженості думок експертів за допомогою коефіцієнта конкордації Кенделла W , який оцінюється з виразу:

$$W = \frac{12 \cdot S}{m^2 \cdot (n^3 - n)}, \quad (2.1)$$

де m - кількість експертів;

n - загальне число факторів x_i ;

S - сума квадратів різниць рангів (відхилень від середнього значення рангів); визначається за допомогою виразу: $S = \sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2$.

Коефіцієнт конкордації має інтервал зміни від 0 до 1. Якщо він істотно відрізняється від нуля, тобто ($W \gg 0,5$), то можна вважати, що між позиціями експертів є певна згода (відповідно до цього коефіцієнта). Якщо коефіцієнт конкордації недостатній ($W \leq 0,5$), то необхідно провести додатковий аналіз причин такого негативного результату. Цими причинами можуть бути: не повністю ясна постановка питань або інструктаж, невірний вибір впливаючих факторів, підбір некомпетентних експертів, можливість змови між ними та ін.

В роботі [35] на прикладі конкретного підприємства після обробки рангового ряду впливаючих факторів (див. табл. 2.3), визначених групою експертів в кількості 10 чол., сума квадратів відхилень рангів $S = 26260$. Тоді коефіцієнт конкордації згідно виразу (2.1) $W = 0,937$.

У разі отримання коефіцієнта конкордації $W \gg 0,5$ перевіряється гіпотеза щодо невинності згоди експертів. Для цього використовується критерій Пірсона (χ -квадрат), що визначається за формулою:

$$\chi_{розр}^2 = W \cdot m \cdot (n - 1), \quad (2.2)$$

де $(n - 1)$ - число ступенів вільності (в даному випадку рівне кількості впливаючих факторів).

Розрахункове значення коефіцієнта $\chi_{розр}^2$ порівнюється з табличним, що визначене при відомому (див. вираз (2.1)) значенні числа ступенів вільності

$(n - 1)$. Якщо розрахункове значення критерію Пірсона буде більшим від табличного значення $\chi^2_{розр} \geq \chi^2_{табл}$ і $W \gg 0,5$, то це буде свідчити про наявність істотної згоди у думках експертів, а також значимість коефіцієнта конкордації.

Для досліджуваного підприємства згідно (2.2)
 $\chi^2_{розр} = 0,937 \cdot 10 \cdot (15 - 1) = 131,18 \geq 23,68$ при числі ступенів вільності $(n - 1) = 14$ й довірчій ймовірності $\gamma = 0,95$.

Для більш наочного представлення про вагомість факторів побудована апріорна діаграма рангів (див. рис. 2.1) і визначені питомі ваги кожного з факторів згідно їх впливу на результуючий показник. При цьому, питома вага кожного з факторів визначена за такою формулою [35]:

$$q_x = \frac{2 \cdot (n - M + 1)}{n \cdot (n + 1)}, \quad (2.3)$$

де M - місце фактора згідно таблиці рангування.

Після аналізу різних методів визначення основних факторів, що впливають на енергоефективність підприємства, доцільно їх систематизувати, поділивши на дві групи: інноваційні та традиційні. Їх класифікацію наведено у табл. 2.4.

Діаграма рангів факторів впливу

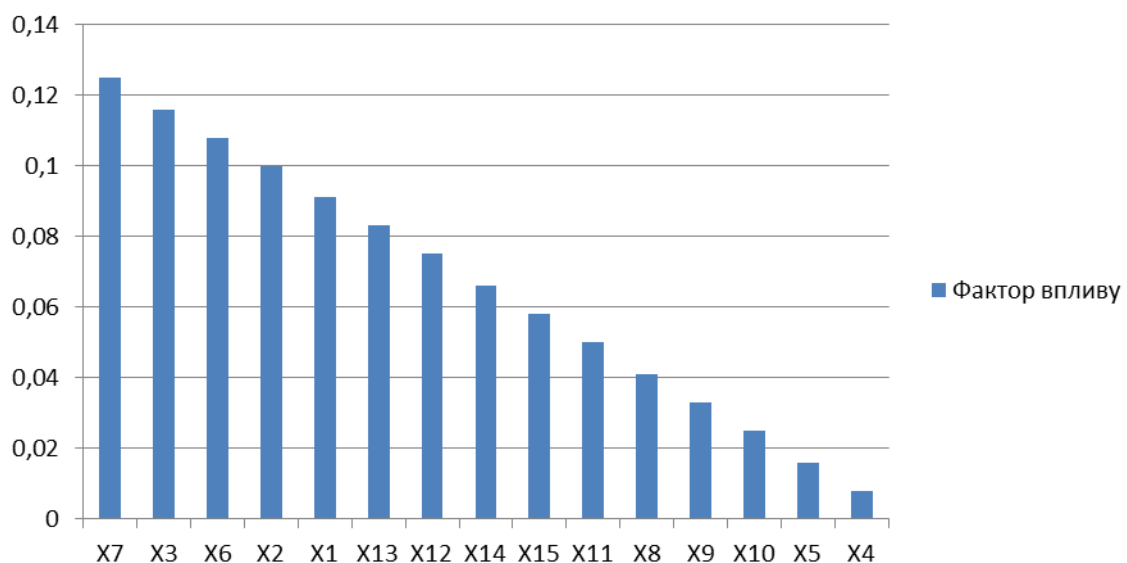


Рисунок 2.1 – Діаграма рангів впливаючих факторів X_i в залежності від їх питомої ваги q_i , відн. од.

Таблиця 2.4 - Класифікація факторів, що впливають на енергоефективність промислового підприємства

Інноваційні фактори	Традиційні фактори
Питома вага інноваційних впроваджень на підприємстві в галузі енергоефективності	Фінансова стійкість підприємства
Участь підприємства у державних і позадержавних програмах з енергозбереження	Стимулювання працівників підприємства до економії енергоресурсів
Питома вага коштів, що виділяються підприємством на впровадження нових енергозберігаючих технологій	Питома вага енергетичних витрат у собівартості продукції
Застосування енергозберігаючих технологій і обладнання	Енергоаудит
Ступінь використання вторинних ПЕР	Професіоналізм персоналу у сфері енергозбереження
Вироблення енергетичних ресурсів різного походження власними джерелами енергії	Безперервний і точний контроль використання енергоресурсів на підприємстві

Практика використання цих факторів на користь енергозбереження показує, що лише спільне застосування інноваційних та традиційних факторів дасть змогу підприємству вийти на високий рівень енергоефективної діяльності, збільшивши конкурентоздатність продукції і підприємства в цілому.

Одним із завдань Енергетичної стратегії України є:

- створення передумов для зменшення енергоємності вітчизняної продукції за рахунок впровадження нових технологій, стандартів, сучасних систем контролю, управління та обліку на всіх етапах виробництва, транспортування та споживання енергетичних продуктів;
- розвиток ринкових механізмів стимулювання енергозбереження в усіх галузях економіки.

Прогнозні темпи економічного розвитку країни до 2030 р., де враховані прогнози у споживанні паливно-енергетичних ресурсів, зокрема, через макропоказники енергоємності продукції подані на рис. 2.2.

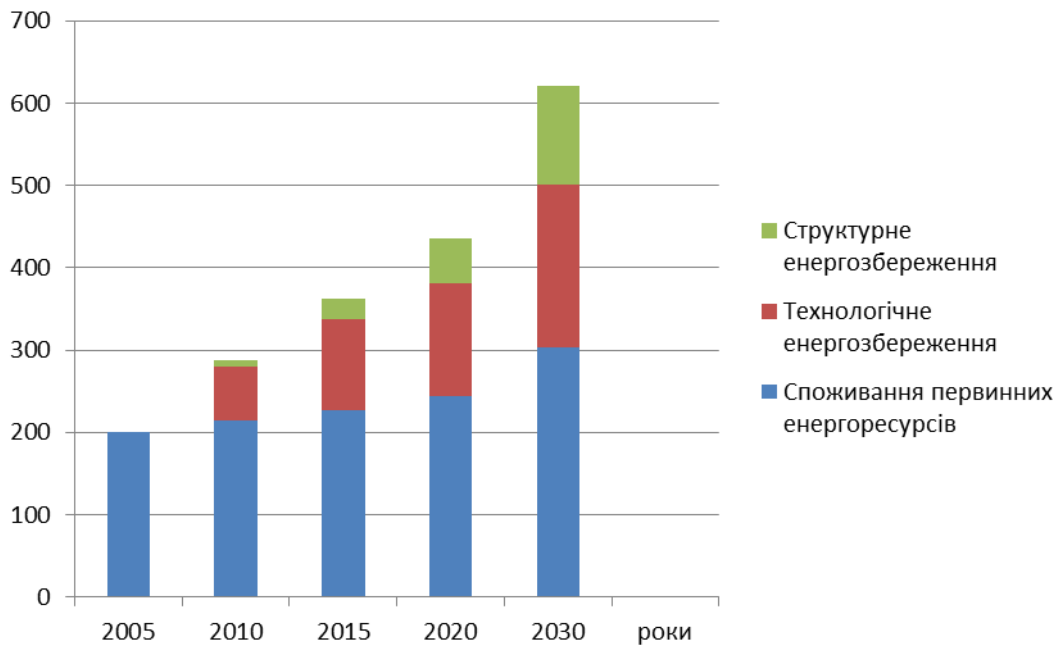


Рисунок 2.2 – Динаміка споживання первинних ресурсів, рівнів структурного та технологічного енергозбереження до 2030 року, млн. т у. п. (прогнозний базовий сценарій) [35]

Згідно прогнозу виробництво внутрішнього валового продукту збільшиться майже в 3 рази, а споживання первинних енергоресурсів - тільки на 51 % (з 200 млн. т у. п. у 2005 р. до 300 млн. т у. п. - у 2030 р.).

Досягнення такого рівня заплановано здійснити за рахунок двох основних факторів:

- *технічного (технологічного) енергозбереження*, що передбачає модернізацію або заміну енергоємних технологій, підвищення енергоефективності промисловості в цілому та соціально-комунального сектору економіки, а також зменшення втрат енергоресурсів;
- *структурного енергозбереження*, що передбачає структурні зміни для створення малоенергоємної та малоресурсної економіки методом впровадження новітніх технологій.

2.2 Дослідження заходів підвищення енергоефективності підприємств з переробки сільськогосподарських культур

Зважаючи на невинне збільшення споживання енергоресурсів

промисловими підприємствами поряд з проблемами їх раціонального використання і збереження постають проблеми залучення різного роду відходів виробництв в якості вторинних енергоресурсів.

Особливу перевагу в цьому мають підприємства агропромислового комплексу, які можуть залучати до технологічного циклу енергетичні культури рослинного походження для одержання при переробці біоетанолу, біодизелю, біогазу та твердих видів палива.

Так, країни ЄС в період до 2030 року планують виробити 45% енергії з відновлюваних джерел, а Німеччина вже зараз виробляє її одну третину.

Тому Україні, як традиційно буряковій державі, на думку автора Бондара В. С. необхідно: «використовувати їх як сировину для виробництва біопалива. З цією метою Інститутом біоенергетичних культур і цукрових буряків підготовлена концепція розвитку бурякоцукрового підкомплексу АПК України на основі поєднання (диверсифікації) виробництва цукру, біоетанолу й біогазу. Згідно програми при збереженні виробництва цукру на рівні 3020 тис. т виробництво біоетанолу повинно сягати рівня 1196 тис. т, біогазу - 842,4 млн. м³, тепла з біогазу - 2,36 млн. ГВт, електроенергії - 1,6 млн. ГВт».

Так, в залежності від цукристості коренеплодів, яка коливається в межах 15–19%, з їх 1 т можна одержати в середньому 100 л біоетанолу; з пресованого жому при його переробці на спеціальній біогазовій установці - 24 м³ біогазу із вмістом метану 70%. В середньому на 100 частин сухої речовини в мелясі міститься понад 90% органічних речовин, з яких виготовляють етиловий спирт та високооктанові добавки до нього [7].

Оскільки відходи цукрової галузі є важливим джерелом біоенергетики, великого значення набуває розрахунок техніко-економічного обґрунтування їх собівартості в системі енергоефективності підприємства. До прикладу, нижче наведено калькуляцію затрат на виготовлення сушеного жому з цукросировини для встановлення ефективності такої глибокої її переробки, а також можливості отримання додаткового прибутку підприємством.

На думку автора Гальчинської Ю. М.: «кількість залікового свіжого жому M, t з масовою часткою сухої речовини (CP) 6,5% для одержання сушеного жому в кількості $M_{CЖ}, t$ можна визначити за формулою [10]:

$$M = \frac{M_{CЖ} \cdot CP_{CЖ}}{6,305}, m, \quad (2.4)$$

де 6,305 – масова частка CP залікового жому з урахуванням витрат при сушінні (3%)».

На заводах, де відпресовують жом, який направляється тільки на жомосушіння, витрату залікового жому визначають з урахуванням втрат CP при пресуванні за формулою:

$$M = \frac{M_{CЖ} \cdot CP_{CЖ} \cdot 100}{6,5 \cdot [100 - (B_{II} + 3,0)]}, m, \quad (2.5)$$

де B_{II} – витрати CP при пресуванні, %.

Витрату залікового свіжого жому на виробництво сушеного мелясованого або бардяного жому при додаванні меляси або барди перед сушінням визначають за формулою [10]:

$$M = \frac{M_{МЖ} \cdot CP_{МЖ} - M_{М} \cdot CP_{М}}{6,305}, m, \quad (2.6)$$

де $M_{МЖ}$ – маса сушеного мелясованого (бардяного) жому, m ;

$CP_{МЖ}$ – масова частка сухих речовин мелясованого (бардяного) жому, %;

$M_{М}$ – маса меляси (барди), введеної в жом, m ;

$CP_{М}$ – масова частка сухих речовин меляси (барди), введеної в жом, %.

Про актуальність таких розрахунків промовляє сам факт, що 50% бурякової меляси експортується до таких країн як Німеччина, Польща, Іспанія, Італія, Франція, Туреччина, Молдова, країни Азії, де вона ефективно переробляється на різні види продукції.

Системний аналіз будь-якої галузі агропромислового комплексу країни, в тому числі й буряківництва, показує, що він відіграє провідну роль у формуванні валового регіонального продукту (ВРП) і сталому зростанні економіки, забезпеченні населення продовольчими продуктами та сприянні його зайнятості у сільській місцевості.

Тому, прогнозування величини ВРП в залежності від різних факторів для кожного з регіонів має велике значення для стабільного розвитку регіону. На прикладі Кіровоградської області досліджено [16], що важливими ендогенними

(внутрішніми) факторами впливу на динаміку ВРП (Y) мають обсяг валового збору зерна (X_1) і олійних культур (X_2), а екзогенним (зовнішнім) - є обсяг освоєння інвестицій (X_3) в сільське, лісове та рибне господарство.

На думку автора Кернасюка Ю. В.: «найвищий вплив на динаміку зміни ВРП має фактор X_3 (коефіцієнт кореляції $r = 0,972$); також значний вплив мають фактори X_2 (коефіцієнт кореляції $r = 0,918$) й X_1 (коефіцієнт кореляції $r = 0,62$). Порівняння емпіричних розрахунків з табличними значеннями критерію Ст'юдента ($t_r \geq t_{0,05}$) дало такі значення для факторів впливу на ВРП: X_1 ($4,03 > 2,306$), X_2 ($7,99 > 2,306$), X_3 ($13,49 > 2,306$)».

На основі аналізу статистичної інформації за 2004–2015 рр. розроблена багатофакторна кореляційно–регресійна математична модель прогнозування ВРП Кіровоградської області на середньострокову перспективу до 2025 р. в залежності від динаміки зміни ендогенних й екзогенного факторів, що враховує стохастичний характер можливого впливу кліматичних змін й технологічних інновацій, виду [16]:

$$Y = 6,519 \cdot X_1^{0,079183} \cdot X_2^{0,460536} \cdot X_3^{0,611465}, \quad (2.7)$$

де параметри степеневі функції отримані за допомогою методу найменших квадратів.

Отримане рівняння регресії достовірне за коефіцієнтами кореляції для впливаючих факторів та коефіцієнтом детермінації $R^2 = 0,967$. Оцінка точності результатів прогнозування проводилась за допомогою визначення середньої відносної похибки апроксимації $\varepsilon = 2,79 < 10\%$. Гіпотеза про статистичну значущість рівняння регресії та показника тісноти зв'язку перевірялась за допомогою F -критерію Фішера й розрахованого коефіцієнта детермінації: $F_{\text{розрах}} = 78,14 \geq F_{\text{табл}} = 4,07$.

Глобальні кліматичні зміни - виклик людству, що потребує зосередження зусиль на зменшення їх негативних наслідків і ризиків, в тому числі для сільського господарства. В умовах певного регіону необхідно використовувати перспективні сорти і гібриди сільськогосподарських культур.

Основними перешкодами на шляху розвитку оптимістичного сценарію глибокої переробки цукросировини, як і інших відходів рослинництва, є [7]:

- стійкий багаторічний опір крупних енергетичних компаній розширенню виробництва біопалива і лобіювання ними власних інтересів;
- відсутність преференцій для виробництва біоетанолу щодо акцизу;
- зношеність і неготовність матеріально-технічної бази для виробництва біопалива з відходів цукросировини;
- значний вплив на свідомість громадян різних теорій про недопустимість переробки на біопаливо продовольчих культур і шкідливість біоетанолу для машин;
- невідпрацьованість нормативно-правової бази як для виробників біопалива, його споживачів, так і для інших учасників ринку паливно-мастильних матеріалів.

2.3 Заходи подолання бар'єрів у розвитку енергозбереження на підприємствах

На сьогодні в опрацюванні питань і завдань з енергоефективності мало приділено уваги *факторам, які стримують* розвиток енергозбереження та енергоефективності в країні. Їх можна розділити на чотири основні групи:

- брак мотивації;
- недолік інформації;
- брак досвіду фінансування проєктів;
- брак організації та координації.

Для подолання бар'єрів пропонується впроваджувати певні **заходи**:

- на рівні держави:
 - відкрите надання достовірної, вичерпної інформації у сфері енергоефективності для споживачів, осіб, що приймають рішення;
 - сприяння співробітництву регіонів у питаннях енергоефективних технологій та підходів, а також налагодження обміну знаннями і успішними результатами, отриманих на місцях;
 - державний підхід з питань енергозбереження повинен орієнтуватися в першу чергу на споживача, а також можливості добровільної участі в енергозберігаючих програмах;

- на рівні підприємства:

- автоматизувати комерційний облік енергоресурсів, що використовуються на підприємстві;
- застосовувати з урахуванням технології виробництва диференційований облік електроенергії за зонами доби, що дає змогу обрати вигідний тариф на електроенергію. Якщо підприємство досконало знає структуру споживання своїх ресурсів, то може зрозуміти, де можна заощадити, як змістити графік виробництва і т. ін.;
- використання енергозберігаючого освітлення, яке досягається за рахунок використання енергоефективного обладнання.

2.4 Висновки до розділу

Встановлено, що на даний момент існує гостра необхідність всебічного та ефективного впровадження й застосування технологій, пов'язаних з енергоефективністю виробництва.

Проведено огляд енергоефективності на типових промислових підприємствах та вплив економічних і організаційних бар'єрів, що гальмують впровадження проектів та заходів з енергозбереження ПЕР на підприємствах.

Досліджена практична можливість застосування системної класифікації факторів впливу на енергоефективність підприємств та їх розділення на інноваційні й традиційні.

Подані заходи щодо створення умов для запровадження енергоефективності на промисловому підприємстві, наприклад, веденням жорсткого контролю за споживанням енергоресурсів за допомогою сучасних систем обліку.

Досліджена математична модель впливу визначальних факторів на ефективність регіонального сільськогосподарського виробництва для прогнозування стабільного розвитку регіону.

Подана модель калькуляції витрат на одержання ринкового продукту з відходів бурякоцукрового виробництва для визначення його ефективності й рентабельності.

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Аналіз вихідних даних на проектування та загальна характеристика електроприймачів

Вихідні дані для проектування системи електропостачання наведені в розділі 1. Згідно з цими даними цукровий завод має основне та допоміжне виробництво. Основне виробництво складається з таких ділень:

- ділянка дифузії та сокоочищення;
- продуктова ділянка.

В табл. 3.1 наведений перелік потужностей основного виробництва з величинами номінальної встановленої потужності кожного електроприймача та його $\cos\phi$.

Таблиця 3.1 - Перелік потужностей основного виробництва цукрозаводу

№ з/п	Тип виробу або позначення	Назва	Потужність, кВт	$\cos\phi$
1	2	3	4	5
Ділянка дифузії та сокоочищення				
1.1	CRT 2000-600-60	Бурякорізка барабанна «Maguin»	35,0	0,6
1.2	RT5-ETI	Апарат дифузійний ротаційний	55,0	0,8
1.3	RT5-ETI	Апарат дифузійний ротаційний	55,0	0,8
1.4	RT5-ETI	Апарат дифузійний ротаційний	55,0	0,8
1.5	–	Апарат стерилізаційний «ВМА»	25,0	0,7
1.6	TD	Дефекатор	15,0	0,8
1.7	TD	Дефекатор	15,0	0,8
1.8	TD	Дефекатор	15,0	0,8
1.9	–	Сатуратор «ВМА»	20,0	0,8
1.10	–	Сатуратор «ВМА»	20,0	0,8
1.11	ТК-ФП-150-2000	Фільтр патронний з імпульсним очищенням фільтрувальної поверхні	45,0	0,7
1.12	PB17-F	Прес жомовідтискний «Babbini»	160,0	0,6
1.13	–	Прес-фільтр жому мембранно-камерний «Choquenet»	7,5	0,6
1.14	ТК-НСВ-15	Скрубер низьконапірний (Вентурі)	10,0	0,8
1.15	Ш1-ПМД-3	Бурякомийка коритна комбінована	45,0	0,7

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5
1.16	ТЛ-10	Транспортер стрічковий	10,0	0,8
Всього по дільниці:			532,5	–
Продуктова дільниця				
2.1	TVR-1200	Апарат випарний плівковий (Роберта)	45,0	0,8
2.2	–	Апарат вакуумний уварювання утфелю «Furhmann»	30,0	0,6
2.3	–	Апарат вакуумний уварювання утфелю «Furhmann»	30,0	0,6
2.4	–	Апарат вакуумний уварювання утфелю «Furhmann»	30,0	0,6
2.5	–	Кристалізатор «ВМА» для утфелів 1-ї, 2-ї та 3-ї кристалізації	15,0	0,7
2.6	–	Кристалізатор «ВМА» для утфелів 1-ї, 2-ї та 3-ї кристалізації	15,0	0,7
2.7	–	Кристалізатор «ВМА» для утфелів 1-ї, 2-ї та 3-ї кристалізації	15,0	0,7
2.8	1750 d “Zuka”	Центрифуга періодичної дії «Fives Coil»	35,0	0,7
2.9	СБС–11.4	Сушарка цукру барабанна	55,0	0,8
2.10	ВП–58	Автомат-дозатор фасувальний	10,0	0,8
2.11	ТК-НСВ-15	Скрубер низьконапірний (Вентурі)	10,0	0,8
Всього по дільниці:			290,0	–
Всього основне виробництво:			822,5	–
Допоміжне обладнання підготування біогазу				
3.1	SC 1029 A	Жомосушильний комплекс «Zur Nysa»	25,0	0,8
3.2	ГТ-420	Прес-гранулятор жому	45,0	0,6

Основними споживачами електричної енергії є електроприводи технологічного обладнання, електронагрівні установки різного типу та освітлювальна мережа.

На дільницях дифузії та сокоочищення й продуктивій встановлено 26 одиниць обладнання з нерегульованим електроприводом асинхронними двигунами з короткозамкненим ротором; активна номінальна потужність електродвигунів становить 822,5 кВт. Всі ці двигуни споживають також і реактивну потужність, значення якої буде розраховане у цій частині.

Крім того, в балансі системи електроспоживання необхідно передбачити витрати на активну потужність для електротехнологічних нагрівних установок й загального освітлення дільниць цукрозаводу, яка буде розрахована у відповідності із схемою розміщення цих потужностей.

3.2 Вибір схеми електропостачання підприємства

На плані основного виробництва цукрозаводу відмічаємо місця розташування обладнання. Електричне живлення основного виробництва буде здійснюватись кабелями, прокладеними від газогенераторів ТЕЦ заводу до *розподільчих пристроїв (РП)* дільниць в землі, а в заводському корпусі - вздовж стін на кабельних полицях. Електроприймачі дільниць основного виробництва будуть заживлені від відповідних *розподільчих пристроїв (РП1 та РП2)* проводами чи кабелями, прокладеними у трубах. Окремим кабелем електроживлення подано на ввідний розподільний пристрій (*ВРП*), з якого електроенергія буде поступати до електроспоживачів заводоуправління та на *щитки освітлення (ЩО)*, один з яких буде заживлювати освітлювальні прилади обох дільниць основного виробництва.

3.3 Розрахунок електричних навантажень основного виробництва

В табл. 3.2 подані основні дані для розрахунку електричних навантажень електроприймачів основного виробництва.

Таблиця 3.2 - Розрахунок навантажень основного виробництва

№ на плані	Назва	Встановл. потужн. $P_H, кВт$	Кількість один., n	Сумарн. потужн., $P_{сум}, кВт$	Коеф. вико- рист., k_B	$\cos\varphi$ облад- нання	$tg\varphi$ облад- нання	Сума квадратів встановл. потужн., $кВт^2$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.1	Бурякорізка барабана	35	1	35	0,75	0,6	1,33	1225
1.2, 1.3, 1.4	Апарат дифузійний	55	3	165	0,60	0,8	0,75	9075
1.5	Апарат стерилізаційний	25	1	25	0,75	0,7	1,02	625
1.6 1.7 1.8	Дефекатор	15	3	45	0,60	0,8	0,75	675
1.9 1.10	Сатуратор	20	2	40	0,60	0,8	0,75	800
1.11	Фільтр патронний	45	1	45	0,60	0,7	1,02	2025

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.12	Прес жомовідтискний	160	1	160	0,75	0,6	1,33	25600
1.13	Прес-фільтр жому	7,5	1	7,5	0,60	0,6	1,33	56,25
1.14	Скрубер низьконапірний	10	1	10	0,75	0,8	0,75	100
1.15	Бурякомийка коритна	45	1	45	0,60	0,7	1,02	2025
1.16	Транспортер стрічковий	10	1	10	0,60	0,8	0,75	100
2.1	Апарат випарний	45	1	45	0,75	0,8	0,75	2025
2.2	Апарат вакуумний	30	3	90	0,75	0,6	1,33	2700
2.3								
2.4								
2.5								
2.6	Кристалізатор «ВМА»	15	3	45	0,75	0,7	1,02	675
2.7								
2.8								
2.8	Центрифуга періодичн. дії	35	1	35	0,70	0,7	1,02	1225
2.9	Сушарка цукру барабанна	55	1	55	0,75	0,8	0,75	3025
2.10	Автомат-дозатор	10	1	10	0,60	0,8	0,75	100
2.11	Скрубер низьконапірний	10	1	10	0,75	0,8	0,75	100
–	Всього:	–	–	877,5	–	–	–	52156,25

Еквівалентна кількість електроприймачів дорівнює:

$$n_e = \frac{\left(\sum_i P_{Hi} \cdot n_i \right)^2}{\sum_i P_{Hi}^2 \cdot n_i}; \quad n_e = \frac{(877,5)^2}{52156,25} = 14,76 \approx 15.$$

Ефективна потужність електроприймачів становить:

$$P_e = \frac{\sum_i P_{Hi} \cdot n_i}{n_e}; \quad P_e = \frac{877,5}{15} = 58,5 \text{ [кВт]}.$$

Середньозважений коефіцієнт використання k_B дорівнює:

$$k_B = \frac{P_e}{P_H} = \frac{\sum_i P_{Hi} \cdot n_i \cdot k_{Bi}}{\sum_i P_{Hi} \cdot n_i}; \quad k_B = \frac{601,25}{877,5} = 0,685 \approx 0,69.$$

Середній коефіцієнт реактивної потужності $\text{tg} \varphi_C$ визначається за допомогою виразу:

$$\text{tg} \varphi_C = \frac{\sum_i P_{Hi} \cdot n_i \cdot k_{Bi} \cdot \text{tg} \varphi_i}{\sum_i P_{Hi} \cdot n_i \cdot k_{Bi}}; \quad \text{tg} \varphi_C = 1,506.$$

За допомогою впорядкованих діаграм $k_M = f(n_e; k_B)$ [38] для визначених значень n_e та k_B знаходимо коефіцієнт максимуму: $k_M = 1,12$.

Активне розрахункове навантаження електроприймачів становить:

$$P_P = k_M \cdot p_e = k_M \cdot \sum_{i=1}^{27} P_{Hi} \cdot n_i \cdot k_{Bi}; \quad P_P = 1,12 \cdot 601,25 = 673,4 [\text{кВт}].$$

Реактивне розрахункове навантаження дорівнює:

$$Q_P = k_M \cdot \sum_{i=1}^{27} P_{ni} \cdot n_i \cdot k_{Bi} \cdot \text{tg} \varphi_i; \quad Q_P = 1,12 \cdot 673,4 \cdot 1,506 = 1014,2 [\text{кВ} \cdot \text{А}].$$

Повна розрахункова потужність виробничого обладнання основного виробництва дорівнює:

$$S_P = \sqrt{P_P^2 + Q_P^2}; \quad S_P = \sqrt{673,4^2 + 1014,2^2} = 1217,40 [\text{кВ} \cdot \text{А}].$$

Повний розрахунковий струм основного виробництва дорівнює:

$$I_P = \frac{S_P}{\sqrt{3} \cdot U_H}; \quad I_P = \frac{1217,40 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} = 1849,65 [\text{А}].$$

3.4 Розрахунок центра електричних навантажень

Центр електричних навантажень $(x_0; y_0)$ визначається для розташування в ньому розподільчих пунктів подачі електроенергії споживачам. Ними є встановлювані нові пристрої, звідки згідно радіальної схеми будуть заживлені електроприймачі на обох ділянках виробництва.

Для розрахунку використовуємо табл. 3.3, в якій подано місцезнаходження згідно плану розміщення потужностей основного виробництва в координатах x – y . Точка з координатою $x=0$; $y=0$ знаходиться в лівому куті приміщення ділянки дифузії та сокоочищення.

Таблиця 3.3 - Розташування потужностей основного виробництва

№з/п на плані	Назва	Встановл. потужн. P_{Hi} , кВт	Координата x_i , м	Координата y_i , м	$P_{Hi} \cdot x_i$	$P_{Hi} \cdot y_i$
1	2	3	4	5	6	7
Розподільний пристрій 1 (РП 1)						

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5	6	7
1.1	Бурякорізка барабана	35,0	2,8	19,5	39,2	1911,7
1.2	Апарат дифузійний	55,0	9,0	19,5	495,0	1072,5
1.5	Апарат стерилізаційний	25,0	2,8	13,0	70,0	325,0
1.6	Дефекатор	15,0	9,0	13,0	171,0	195,0
1.9	Сатуратор	20,0	2,8	7,0	56,0	140,0

1.11	Фільтр патронний	45,0	9,0	7,0	405,0	63,0
1.12	Прес жомовідтискний	160,0	2,8	2,0	448,0	320,0
1.14	Скрубер низьконапірний	10,0	9,0	2,0	90,0	20,0
1.15	Бурякомийка коритна	45,0	1,0	23,0	45,0	1035,0
–	Всього:	410,0	–	–	1819,2	5082,2
Розподільний пристрій 2 (РП 2)						
2.1	Апарат випарний	45,0	17,0	22,0	765,0	990,0
2.2	Апарат вакуумний	30,0	17,0	19,0	510,0	570,0
2.3	Апарат вакуумний	30,0	16,5	15,5	495,0	465,0
2.4	Апарат вакуумний	30,0	21,0	15,5	630,0	465,0
2.5	Кристалізатор «ВМА»	15,0	16,5	11,5	247,5	172,5
2.6	Кристалізатор «ВМА»	15,0	21,0	11,5	315,0	172,5
2.7	Кристалізатор «ВМА»	15,0	16,5	8,0	247,5	120,0

Продовження таблиці 3.3

2.8	Центрифуга періодичн. дії	35,0	21,0	8,0	735,0	280,0
2.9	Сушарка цукру барабанна	55,0	16,5	4,0	907,5	220,0
2.10	Автомат-дозатор	10,0	21,0	4,0	210,0	40,0
–	Всього:	360,0	–	–	5062,5	3495,0

$$РП1: x_0 = \frac{\sum_{i=1}^9 p_{Hi} \cdot x_i}{\sum_{i=1}^9 p_{Hi}} = \frac{1819,2}{410} = 4,44 [м];$$

$$y_0 = \frac{\sum_{i=1}^9 p_{Hi} \cdot y_i}{\sum_{i=1}^9 p_{Hi}} = \frac{5082,2}{410} = 12,40 [м];$$

$$РП2: x_0 = \frac{\sum_{i=1}^{10} p_{Hi} \cdot x_i}{\sum_{i=1}^{10} p_{Hi}} = \frac{5062,5}{360} = 14,06 [м];$$

$$y_0 = \frac{\sum_{i=1}^{10} p_{Hi} \cdot y_i}{\sum_{i=1}^{10} p_{Hi}} = \frac{3459,0}{360} = 9,71 [м].$$

Отримані координати центрів навантажень ($x_0; y_0$) розподільчих пунктів $РП1$ та $РП2$ з врахуванням масштабу переносимо на креслення. Оскільки розраховані координати центрів навантажень виявились розміщеними посеред відповідних ділянок з технологічним устаткуванням, для зручності установки розподільчих пристроїв зміщаємо їх до стін. Тоді координати $РП1$ будуть: $x_{РП1} = 24,0 м$; $y_{РП1} = 0,2 м$, а $РП2$: $x_{РП2} = 36,2 м$; $y_{РП2} = 34,2 м$.

Відний розподільчий пристрій ($ВРП$) розміщуємо біля вводу силового кабеля від $ТЕЦ$ на територію основного виробництва з координатами $x_{ВРП} = 0,2 м$;

$u_{ВРП} = 24,5 \text{ м.}$

Оскільки щиток освітлення (ЩО) заживлюється від ВРП, його розміщуємо якнайближче як до ВРП, так і до вхідних дверей: $x_{ЩО} = 0,2 \text{ м}; u_{ЩО} = 12,0 \text{ м.}$

3.5 Визначення розрахункових навантажень виробничого обладнання

3.5.1 Дільниця дифузії та сокоочищення

На дільниці розташовано 16 одиниць виробничого обладнання, які на листі «Схема електричних з'єднань силової мережі» позначені цифрами 1.1...1.16.

Для прикладу покажемо розрахунок навантажень деяких одиниць обладнання – електроприймачів (ЕП).

Електроприймачі ЕП 1.1 *Бурякорізка барабанна «Maguin» типу CRT 2000–600–60 (380 В; 50 Гц; 35,0 кВт):*

Визначаємо активну розрахункову потужність:

$$P_{P1.1} = k_{Bi} \cdot P_{H1.1} = 0,75 \cdot 35,0 = 26,3 \text{ кВт},$$

де прийнято коефіцієнт $k_{Bi} = 0,75$ (див. табл. 3.2).

Визначаємо реактивну розрахункову потужність ($\cos\varphi_{1.1} = 0,6$):

$$Q_{P1.1} = P_{P1.1} \cdot \operatorname{tg}\varphi_{1.1} = 26,3 \cdot 1,33 = 35,0 \text{ кВ}\cdot\text{Ар}.$$

Визначаємо повну розрахункову потужність:

$$S_{P1.1} = \sqrt{P_{P1.1}^2 + Q_{P1.1}^2} = \sqrt{26,3^2 + 35,0^2} = 43,78 \text{ кВ}\cdot\text{А}.$$

Визначаємо розрахунковий струм:

$$I_{P1.1} = \frac{S_{P1.1}}{\sqrt{3} \cdot U_{H1.1}} = \frac{43,78}{\sqrt{3} \cdot 380} = 66,52 \text{ А}.$$

Визначаємо номінальний струм:

$$I_{H1.1} = \frac{P_{H1.1}}{\sqrt{3} \cdot U_{H1.1} \cdot \cos\varphi_{1.1}} = \frac{35,0}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,6} = 88,63 \text{ А}.$$

Електроприймач ЕП 1.5 *Апарат стерилізаційний «ВМА» (380 В; 50 Гц; 25,0 кВт):*

Визначаємо активну розрахункову потужність:

$$P_{P1.5} = k_{Bi} \cdot P_{H1.5} = 0,90 \cdot 25,0 = 18,8 \text{ кВт},$$

де прийнято коефіцієнт $k_{Bi} = 0,90$ (див. табл. 3.2).

Визначаємо реактивну розрахункову потужність ($\cos\varphi_{1.5} = 0,7$):

$$Q_{P1.5} = P_{P1.5} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{1.5} = 18,8 \cdot 1,02 = 19,2 \text{ кВ}\cdot\text{Ар.}$$

Визначаємо повну розрахункову потужність:

$$S_{P1.5} = \sqrt{P_{P1.5}^2 + Q_{P1.5}^2} = \sqrt{18,8^2 + 19,2^2} = 26,87 \text{ кВ}\cdot\text{А.}$$

Визначаємо розрахунковий струм:

$$I_{P1.5} = \frac{S_{P1.5}}{\sqrt{3} \cdot U_{H1.5}} = \frac{26,87}{\sqrt{3} \cdot 380} = 40,83 \text{ А.}$$

Визначаємо номінальний струм:

$$I_{H1.5} = \frac{P_{H1.5}}{\sqrt{3} \cdot U_{H1.5} \cdot \cos \varphi_{1.5}} = \frac{25,0}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,7} = 54,26 \text{ А.}$$

Визначаємо розрахункові навантаження для всіх інших одиниць електрообладнання дільниці.

3.5.2 Продуктова дільниця

На дільниці розташовано 11 одиниць технологічного обладнання, які на листі «Схема електричних з'єднань силової мережі» позначені цифрами 2.1...2.11. Розрахунок навантажень електрообладнання дільниці проводимо аналогічним чином.

Електроприймач ЕП 2.4 *Апарат вакуумний уварювання утфелю* (380 В; 50 Гц; 30,0 кВт):

Визначаємо активну розрахункову потужність:

$$P_{P2.4} = k_{Bi} \cdot P_{H2.4} = 0,75 \cdot 30,00 = 23,4 \text{ кВт},$$

де прийнято коефіцієнт $k_{Bi} = 0,75$ (див. табл. 3.2).

Визначаємо реактивну розрахункову потужність ($\cos \varphi_{2.4} = 0,60$):

$$Q_{P2.4} = P_{P2.4} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{2.4} = 23,4 \cdot 1,33 = 31,1 \text{ кВ}\cdot\text{Ар.}$$

Визначаємо повну розрахункову потужність:

$$S_{P2.4} = \sqrt{P_{P2.4}^2 + Q_{P2.4}^2} = \sqrt{23,4^2 + 31,1^2} = 38,92 \text{ кВ}\cdot\text{А.}$$

Визначаємо розрахунковий струм:

$$I_{P2.4} = \frac{S_{P2.4}}{\sqrt{3} \cdot U_{H2.4}} = \frac{38,92}{\sqrt{3} \cdot 380} = 59,13 \text{ А.}$$

Визначаємо номінальний струм:

$$I_{H2.4} = \frac{P_{H2.4}}{\sqrt{3} \cdot U_{H2.4} \cdot \cos \varphi_{2.4}} = \frac{30,0}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,6} = 75,97 \text{ А.}$$

Електроприймач ЕП 2.10 *Автомат-дозатор фасувальний моделі ВП-58* (380 В; 50 Гц; 10,0 кВт):

Визначаємо активну розрахункову потужність:

$$P_{P2.10} = k_{Bi} \cdot P_{H2.10} = 0,75 \cdot 10,0 = 7,80 \text{ кВт},$$

де прийнято коефіцієнт $k_{Bi} = 0,75$ (див. табл. 3.2).

Визначаємо реактивну розрахункову потужність ($\cos\varphi_{2.4} = 0,80$):

$$Q_{P2.10} = P_{P2.10} \cdot \operatorname{tg}\varphi_{2.10} = 7,80 \cdot 0,75 = 5,90 \text{ кВ}\cdot\text{Ар}.$$

Визначаємо повну розрахункову потужність:

$$S_{P2.10} = \sqrt{P_{P2.10}^2 + Q_{P2.10}^2} = \sqrt{7,80^2 + 5,90^2} = 9,78 \text{ кВ}\cdot\text{А}.$$

Визначаємо розрахунковий струм:

$$I_{P2.10} = \frac{S_{P2.10}}{\sqrt{3} \cdot U_{H2.10}} = \frac{9,78}{\sqrt{3} \cdot 380} = 14,86 \text{ А}.$$

Визначаємо номінальний струм:

$$I_{H2.10} = \frac{P_{H2.10}}{\sqrt{3} \cdot U_{H2.10} \cdot \cos\varphi_{2.10}} = \frac{10,0}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,8} = 19,0 \text{ А}.$$

Розраховані потужності електроприймачів відповідно до їх розподілу на виробничих ділянках зводимо у таблицю 3.4.

Таблиця 3.4 - Розрахункові навантаження устаткування основного виробництва

№з/п позиц.	Назва електро- приймача	Нап- руга, В	По- туж- ність, кВт	cosφ	tgφ	Розрахункові навантаження				
						Р _р , кВт	Q _р , кВ·Ар	S _р , кВ·А	I _р , А	I _н , А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Дільниця дифузії та сокоочищення (РП1)										
1.1	Бурякорізка барабана	380	35	0,6	1,33	26,3	35,0	43,78	66,52	88,63
1.2	Апарат дифузійний	380	55	0,8	0,75	41,3	31,0	51,64	78,46	104,4 6
1.3	Апарат дифузійний	380	55	0,8	0,75	41,3	31,0	51,64	78,46	104,4 6
1.4	Апарат дифузійний	380	55	0,8	0,75	41,3	31,0	51,64	78,46	104,4 6
1.5	Апарат стерилізаційний	380	25	0,7	1,02	18,8	19,2	26,87	40,83	54,26
1.6	Дефекатор	380	15	0,8	0,75	11,3	8,5	14,14	21,48	28,49
1.7	Дефекатор	380	15	0,8	0,75	11,3	8,5	14,14	21,48	28,49
1.8	Дефекатор	380	15	0,8	0,75	11,3	8,5	14,14	21,48	28,49
1.9	Сатуратор	380	20	0,8	0,75	15,0	11,3	18,78	28,53	37,98
1.10	Сатуратор	380	20	0,8	0,75	15,0	11,3	18,78	28,53	37,98
1.11	Фільтр патронний	380	45	0,7	1,02	33,8	34,5	48,3	73,38	97,67
1.12	Прес жомовідтискний	380	160	0,6	1,33	120	159,6	199,68	303,38	405,1 6
1.13	Прес-фільтр жому	380	7,5	0,6	1,33	5,6	7,5	9,36	14,22	18,99

1.14	Скрубер низьконапірний	380	10,0	0,8	0,75	7,5	5,6	9,36	14,22	18,99
1.15	Бурякомийка коритна	380	45	0,7	1,02	33,8	34,5	48,3	73,38	97,67
1.16	Транспортер стрічковий	380	10,0	0,8	0,75	7,8	5,9	9,78	14,86	19,0
Всього:		–	532,5	–	–	399,8	402,5	572,3	869,43	1158,51
Продуктова дільниця (РП2)										
2.1	Апарат випарний	380	45	0,8	0,75	35,1	26,3	43,86	66,64	85,46
2.2	Апарат вакуумний	380	30	0,6	1,33	23,4	31,1	38,92	59,13	75,97
2.3	Апарат вакуумний	380	30	0,6	1,33	23,4	31,1	38,92	59,13	75,97
2.4	Апарат вакуумний	380	30	0,6	1,33	23,4	31,1	38,92	59,13	75,97
2.5	Кристалізатор «ВМА»	380	15	0,7	1,02	11,7	11,93	16,71	25,39	32,56
2.6	Кристалізатор «ВМА»	380	15	0,7	1,02	11,7	11,93	16,71	25,39	32,56
2.7	Кристалізатор «ВМА»	380	15	0,7	1,02	11,7	11,93	16,71	25,39	32,56
2.8	Центрифуга періодичн. дії	380	35	0,7	1,02	27,3	27,9	39,04	59,32	75,97
2.9	Сушарка цукру барабанна	380	55	0,8	0,75	42,9	32,2	53,64	81,5	104,4 6
2.10	Автомат-дозатор	380	10,0	0,8	0,75	7,8	5,9	9,78	14,86	19,0
2.11	Скрубер низьконапірний	380	10,0	0,8	0,75	7,8	5,9	9,78	14,86	19,0
Всього:		–	290,0	–	–	226,2	227,29	322,99	490,74	629,48

3.6 Розрахунок електричного освітлення виробничих дільниць

Ефективне використання світла - важливий резерв підвищення продуктивності праці і якості продукції, зниження травматизму людей. При незадовільному освітленні різко знижується продуктивність праці, можливі прикрі випадки: поява близькорукості, швидка втома.

В залежності від джерела світла виробниче освітлення може бути трьох видів: природне, штучне, комбіноване. Штучне освітлення передбачається у всіх виробничих та побутових приміщеннях, де недостатнє природне освітлення, а також для освітлення під час сутінок. По призначенню штучне освітлення поділяється на робоче, аварійне, евакуаційне, охоронне та чергове.

Робоче освітлення забезпечує нормальні умови роботи, необхідну освітленість на робочих місцях. Аварійне освітлення виконується для продовження роботи при раптовому вимкненні робочого освітлення. Евакуаційне освітлення виконують для евакуації людей з приміщень при аваріях.

В якості джерел світла застосовуються люмінесцентні лампи, високого тиску чи розжарення. Сукупність джерела світла та освітлювальної арматури є світильником. Найбільш важливими функціями освітлювальної арматури є захист

очей від занадто великої яскравості джерела світла, а також перерозподіл світлового потоку лампи, який підвищує ефективність установки. Ми будемо використовувати світильники розсіяного світла загального освітлення.

Задачею розрахунку освітлення є визначення потрібної потужності, кількості й типу ламп та світильників, їх розподіл у приміщеннях.

Для освітлення діляниць основного виробництва цукрозаводу використовуємо стельові світильники типу *ГСП 04В-400-512* з лампами високого тиску *ДРІ-400-6*.

Розташування світильників визначається такими розмірами виробничих приміщень з двома діляницями:

– діляниця дифузії та сокоочищення:

$H = 7,0 \text{ м}$ – висота приміщення;

$b_1 = 12 \text{ м}; l_1 = 18 \text{ м}$ – розміри діляниці;

$h_C = 1,0 \text{ м}$ – відстань світильника від перекриття;

$h_{\Pi} = 6,0 \text{ м}$ – відстань світильника над підлогою;

$h_P = 1,0 \text{ м}$ – висота розрахункової поверхні над підлогою;

$h = h_{\Pi} - h_P = 5,0 \text{ м}$ – розрахункова висота від світильника до розрахункової поверхні.

– продуктова діляниця:

$H = 7,0 \text{ м}$ – висота приміщення;

$b_2 = 12 \text{ м}; l_2 = 24 \text{ м}$ – розміри діляниці;

$h_C = 1,0 \text{ м}$ – відстань світильника від перекриття;

$h_{\Pi} = 6,0 \text{ м}$ – відстань світильника над підлогою;

$h_P = 1,0 \text{ м}$ – висота розрахункової поверхні над підлогою;

$h = h_{\Pi} - h_P = 5,0 \text{ м}$ – розрахункова висота від світильника до розрахункової поверхні.

Світильники монтуються в один ряд на відстані $6,0 \text{ м}$ від стіни та $6,0 \text{ м}$ між собою.

Згідно [17] приймаємо таку освітленість діляниць цеху: $E_1 = E_2 = 250 \text{ лк}$.

Коефіцієнт запасу для всіх приміщень однаковий: $K_3 = 1,5$ (внаслідок відсутності якихось особливостей вибираємо його з ряду $(1,3 \dots 1,8)$).

Визначаємо індекси діляниць:

$$i_1 = \frac{b_1 \cdot l_1}{h(b_1 + l_1)} = \frac{12 \cdot 18}{5,0(12+18)} = 1,44; \quad i_2 = \frac{b_2 \cdot l_2}{h(b_2 + l_2)} = \frac{12 \cdot 24}{5,0(12+24)} = 1,60.$$

Визначаємо коефіцієнт використання η світильника, виходячи з приблизної оцінки коефіцієнтів відбивання поверхонь на дільницях. Стіни пофарбовані; підлога бетонна, конструктивне виконання світильників - з відбивачами. Оцінюємо коефіцієнти відбивання поверхонь приміщення величинами [17]: $\rho_C = 90\%$ - для стелі; $\rho_{CT} = 30\%$ - для стін; $\rho_{П} = 10\%$ - для підлоги. Таким чином, згідно [17] коефіцієнт використання світильника $\eta_1 = \eta_2 = 0,65$.

Визначаємо необхідний світловий потік ламп для даного приміщення за формулою:

$$\Phi_1 = \frac{E_1 \cdot K_3 \cdot S_1 \cdot z}{\eta_1} = \frac{250 \cdot 1,5 \cdot 216 \cdot 1,15}{0,65} = 143310 [\text{Лм}],$$

$$\Phi_2 = \frac{E_2 \cdot K_3 \cdot S_2 \cdot z}{\eta_2} = \frac{250 \cdot 1,5 \cdot 288 \cdot 1,15}{0,65} = 191080 [\text{Лм}],$$

де S_1 та S_2 – площі дільниць, м;

z – поправка на мінімальну освітленість; приймаємо $z = 1,15$.

З таблиці 2.15 [17] вибираємо лампи високого тиску типу ДРІ-400-6 з паспортними характеристиками: $P_{Л} = 400 \text{ Вт}$; $U_{Н} = 220 \text{ В}$; $\cos\varphi = 0,85$; $\text{tg}\varphi = 0,62$; $\Phi_{Л} = 33000 \text{ Лм}$; $K_B = 0,75$; строк служби - 10000 год.

При встановленні в приміщеннях дільниць $N_1 = 5 \text{ шт.}$ та $N_2 = 6 \text{ шт.}$ світильників, відповідно, їх загальний потік буде рівний:

$$\Phi_{C1} = 5 \cdot 33000 = 165000 \text{ Лм}; \quad \Phi_{C2} = 6 \cdot 33000 = 198000 \text{ Лм}.$$

Згідно нормативів запас світлового потоку може знаходитись у межах $\delta = (-10 \dots +20)\%$. Для вибраної кількості світильників

$$\delta_1 = \frac{\Phi_{C1} - \Phi_1}{\Phi_{C1}} \cdot 100\%; \quad \delta_1 = \frac{165000 - 143300}{165000} \cdot 100\% = +13,2;$$

$$\delta_2 = \frac{\Phi_{C2} - \Phi_2}{\Phi_{C2}} \cdot 100\%; \quad \delta_2 = \frac{198000 - 191080}{198000} \cdot 100\% = +3,5.$$

Таким чином, дільницю дифузії та сокоочищення освітлюватиме 5 шт. світильників типу ГСП 04В-400-512 з лампами ДРІ-400-6, а продуктову дільницю – 6 шт. таких же світильників.

Визначаємо номінальну потужність всіх ламп світильників на кожній з дільниць:

$$P_{H1} = N_1 \cdot P_L = 5 \cdot 0,4 = 2,0[\text{кВт}];$$

$$P_{H2} = N_2 \cdot P_L = 6 \cdot 0,4 = 2,4[\text{кВт}],$$

де P_L - потужність лампи.

Визначаємо активну розрахункову потужність:

$$P_{P1} = k_B \cdot P_{H1} = 0,75 \cdot 2,0 = 1,50 \text{ кВт};$$

$$P_{P2} = k_B \cdot P_{H2} = 0,75 \cdot 2,4 = 1,80 \text{ кВт},$$

де прийнято коефіцієнт $k_B = 0,75$.

Визначаємо реактивну розрахункову потужність ($\cos\varphi = 0,70$):

$$Q_{P1} = P_{P1} \cdot \text{tg}\varphi = 1,50 \cdot 1,02 = 1,53 \text{ кВ}\cdot\text{Ар};$$

$$Q_{P2} = P_{P2} \cdot \text{tg}\varphi = 1,80 \cdot 1,02 = 1,84 \text{ кВ}\cdot\text{Ар}.$$

Визначаємо повну розрахункову потужність:

$$S_{P1} = \sqrt{P_{P1}^2 + Q_{P1}^2} = \sqrt{1,50^2 + 1,53^2} = 2,14 \text{ кВ}\cdot\text{А};$$

$$S_{P2} = \sqrt{P_{P2}^2 + Q_{P2}^2} = \sqrt{1,80^2 + 1,84^2} = 2,57 \text{ кВ}\cdot\text{А}.$$

Визначаємо розрахунковий струм:

$$I_{P1} = \frac{S_{P1}}{\sqrt{3} \cdot U_{H1}} = \frac{2,14}{\sqrt{3} \cdot 220} = 5,62 \text{ А};$$

$$I_{P2} = \frac{S_{P2}}{\sqrt{3} \cdot U_{H2}} = \frac{2,57}{\sqrt{3} \cdot 220} = 6,74 \text{ А}.$$

Визначаємо номінальний струм:

$$I_{H1} = \frac{P_{H1}}{\sqrt{3} \cdot U_{H1} \cdot \cos\varphi_1} = \frac{2,0}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0,70} = 7,50 \text{ А};$$

$$I_{H2} = \frac{P_{H2}}{\sqrt{3} \cdot U_{H2} \cdot \cos\varphi_2} = \frac{2,4}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0,70} = 9,00 \text{ А}.$$

Для комутації освітлення на виробничих ділянках біля входу у приміщення встановлюємо щиток освітлення (ЩО) (див. лист «Схема електричних з'єднань освітлювальної мережі»).

3.6.1 Розрахунок навантаження щитка освітлення

Сумарна активна потужність освітлення виробництва:

$$P_{O\Sigma} = 2,40 + 2,0 = 4,40 \text{ кВт}.$$

Сумарна активна потужність розеток виробництва:

$$P_{P\Sigma} = 4 \cdot 0,60 = 2,40 \text{ кВт.}$$

Загальна активна потужність освітлення та розеток:

$$P_{\Sigma} = 4,40 + 2,40 = 6,80 \text{ кВт.}$$

Розподіляємо активну потужність між трьома фазами:

– фаза "А" (ЕП (осв.): дільниця продуктова): $P_A = 2,40 \text{ кВт};$

– фаза "В" (ЕП (осв.): дільниця дифузії): $P_B = 2,00 \text{ кВт};$

– фаза "С" (ЕП (р.): $P_C = 2,40 \text{ кВт.}$

Оскільки фаза "С" є найбільш завантаженою, розраховуємо навантаження від освітлення та розеток саме для цієї фази:

$$P_{OP} = 2,40 \cdot 3 = 7,20 \text{ кВт} \approx 8,0 \text{ кВт.}$$

3.7 Розрахунок потужності розподільчих пристроїв

Розраховані у п. 3.5 потужності електроприймачів розподільчих пристроїв та у п. 3.6 потужності освітлювального устаткування зводимо у таблицю 3.5.

Таблиця 3.5 - Розрахункові навантаження розподільчих пристроїв

№з/п позиц.	Назва електро- приймача	Нап- руга, В	Потуж- ність, кВт	cosφ	tgφ	Розрахункові навантаження				
						P _p , кВт	Q _p , кВАр	S _p , кВ·А	I _p , А	I _n , А
РП1	Розподільчий пристрій 1	380	532,5	–	–	399,8	402,5	572,3	869,43	1158,51
РП2	Розподільчий пристрій 1	380	290,0	–	–	226,2	227,29	322,99	490,74	629,48
ЩО(о)	Щиток освітлення (світильники)	220	4,40	–	–	3,46	3,47	4,90	12,86	17,74
ЩО (р)	Щиток освітлення (розетки)	220	2,40	–	–	1,80	1,12	2,12	5,56	7,41
РУ	Розподільний пристрій ТЕЦ	380	829,3	–	–	631,28	634,38	902,31	2280,9	1813,14

3.8 Розрахунок навантаження силового трансформатора

Оскільки обладнання основного виробництва цукрозаводу належить до II-ї категорії з електропостачання, передбачаємо двогенераторну схему електроживлення (див. лист «ВРП. Схема електричних з'єднань однолінійна»). Потужності виділених комірок РУ 0,4кВ двох генераторів ТЕЦ вибираємо з врахуванням повної розрахункової потужності технологічного устаткування -

електроприймачів (розрахунок проведений у розділі 3.7), розеток цеху, а також освітлювального навантаження.

Сумарна активна розрахункова потужність виробничого електроустаткування, освітлення та розеток дорівнює:

$$P_{P_{\Sigma}} = P_{P_E} + P_{P_O} + P_{P_P} = 399,8 + 226,2 + 3,46 + 1,80 = 631,28 [\text{кВт}].$$

Сумарна реактивна розрахункова потужність виробничого електроустаткування, освітлення та розеток дорівнює:

$$Q_{P_{\Sigma}} = Q_{P_E} + Q_{P_O} + Q_{P_P} = 402,5 + 227,29 + 3,47 + 1,12 = 634,38 [\text{кВ} \cdot \text{А}].$$

Повна розрахункова потужність основного виробництва дорівнює:

$$S_P = \sqrt{P_{P_{\Sigma}}^2 + Q_{P_{\Sigma}}^2} = \sqrt{631,28^2 + 634,38^2} = 902,31 \approx 910 [\text{кВ} \cdot \text{А}].$$

На ТЕЦ виділяємо дві комірки від двох генераторів для електропостачання основного виробництва цукрозаводу потужністю:

$$S_{G1_K} = 1,2 \cdot S_{P11} = 1,2 \cdot 580 = 696 \approx 700 [\text{кВ} \cdot \text{А}];$$

$$S_{G2_K} = 1,2 \cdot S_{P12} = 1,2 \cdot 330 = 396 \approx 400 [\text{кВ} \cdot \text{А}].$$

з пропускною здатністю по струму

$$I_{G1_K} = 1,2 \cdot I_{P11} = 1,2 \cdot 1158,51 = 1390,2 \approx 1400 [\text{А}];$$

$$I_{G2_K} = 1,2 \cdot I_{P12} = 1,2 \cdot 629,48 = 759,4 \approx 760 [\text{А}].$$

3.9 Вибір компенсувальних пристроїв реактивної потужності

Більша частина промислових споживачів у процесі роботи споживає з мережі активну та реактивну потужність. Основними споживачами реактивної потужності є: асинхронні двигуни (55 ... 60)% від загального споживання реактивної потужності, трансформатори - (20 ... 25)%, повітряні електричні мережі, реактори, перетворювачі та інші установки.

В залежності від характеру електрообладнання підприємства його реактивне навантаження може складати до 130% від активного. Передача значної кількості реактивної енергії вздовж лінії електропередачі й через трансформатори системи електропостачання не вигідна з таких основних причин:

1. Виникають додаткові втрати активної потужності й енергії у всіх елементах системи електропостачання, зумовлені

завантаженням її реактивною потужністю.

2. Виникають додаткові втрати напруги, які особливо суттєві в мережах, що живлять системи електроспоживання промислових підприємств. Додаткові втрати напруги підвищують відхилення напруги на затискачах споживачів від номінального значення при зміні навантаження і режимів мережі. Це потребує збільшення потужності, а, відповідно, і вартості засобів регулювання напруги.

Приведені міркування показують, наскільки це технічно та економічно доцільно, щоб наближувати джерела покриття реактивної енергії до місць її споживання. Це розвантажує в значній мірі живлячі лінії і трансформатори від реактивної потужності, що рівнозначно покращенню коефіцієнта потужності. Його мінімальна зважена величина для промислових підприємств на вводах, живлячих підприємство, повинна знаходитися в межах (0,92 ... 0,95). На даний час оптимальний коефіцієнт потужності установлюється в залежності від конкретних умов та місця розташування споживача в системі електропостачання.

Оптимальна величина коефіцієнта потужності на підприємстві отримується шляхом компенсації реактивної потужності як традиційними заходами (покращення режиму роботи споживачів, застосування двигунів більш досконалої конструкції, усунування перевантаження двигунів, трансформаторів тощо), так і за рахунок установки спеціальних компенсуючих пристроїв (генераторів реактивної потужності) у відповідних точках електропостачання.

Найбільш доцільним є таке розташування компенсуючих пристроїв реактивної потужності, при якому забезпечується мінімум річних затрат. При визначенні витрат необхідно враховувати, що з одного боку, встановлення компенсуючого пристрою збільшує річні витрати за рахунок капіталовкладень і вартості додаткових втрат в ньому, а з іншого боку - річні витрати зменшуються внаслідок зменшення втрат активної потужності вздовж всього ланцюга електропостачання: від джерела живлення до місця установки компенсуючого пристрою внаслідок компенсації реактивної потужності.

3.9.1 Вибір компенсувальних пристроїв реактивної потужності

Визначаємо орієнтовну потужність компенсуючих пристроїв на даному

виробництві в ремонтний період, т. я. в період переробки буряка два когенераційних генератори, що працюють на біогазі і мають відповідним чином відлаштовані обвитки збудження, будуть компенсувати реактивну потужність технологічного обладнання цукрозаводу:

$$Q_{KBH} = P_P \cdot (tg\varphi_\Phi - tg\varphi_H), \text{кВ} \cdot \text{Ар},$$

де $tg\varphi_H = 0,329$ - нормативне значення, що задається енергосистемою і відповідає значенню $cos\varphi = 0,95$;

$tg\varphi_\Phi = tg\varphi_C = 1,506$ - фактичне розрахункове значення коефіцієнта реактивної потужності даного виробництва;

$P_P = 140,8 \text{ кВт}$ – розрахункова активна потужність електроприймачів.

Маємо

$$Q_{KBH} = 140,8 \cdot (1,506 - 0,329) = 165,7 [\text{кВ} \cdot \text{Ар}].$$

Визначаємо доцільну для даного виробництва оптимальну величину реактивної потужності низьковольтних конденсаторів:

$$Q_{KHopt} = \frac{Q_P}{2} - \frac{M}{r_{E_T} \cdot (1 + \lambda)}, \text{кВ} \cdot \text{Ар},$$

де $r_{E_T} = 0,0022 \text{ Ом}$ - опір трансформатора підстанції, приведений до сторони нижчої напруги (0,38 кВ) [38];

$\lambda = 0,6$ – коефіцієнт, який враховує опір низьковольтної мережі цеху [38];

$$M = U_H^2 \cdot \left(\frac{112,5 \cdot K_{DKH}}{C_{O_E} \cdot T_B} + 0,5 \right), \text{кВ} \cdot \text{Ар} \cdot \text{Ом},$$

де $K_{DKH} = 6,0 \frac{\text{грн}}{\text{кВ} \cdot \text{Ар}}$ - питома вартість різниці генерації $1 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ реактивної потужності низьковольтними і високовольтними конденсаторами;

$T_B = 8760 \text{ год.}$ - тривалість роботи конденсаторних батарей у ввімкненому стані;

$C_{O_E} = \frac{A}{T_{МАКС}} + B \cdot 10^{-3}$ - вартість $1 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$ електроенергії, втраченої в конденсаторних установках;

$$\left. \begin{aligned} A &= 437 \frac{\text{грн}}{\text{кВт}}, \\ B &= 77 \frac{\text{коп}}{10 \text{ кВт} \cdot \text{год}} \end{aligned} \right\} \text{— складові двоставкового тарифу на електроенергію;}$$

$T_{\text{МАКС}} = 4239 \text{ год.}$ — тривалість максимальних навантажень на рік згідно графіка;

$$C_{O_E} = \frac{431}{4239} + 77 \cdot 10^{-3} = 0,18 \frac{\text{грн}}{\text{кВт} \cdot \text{год}}.$$

$$M = 0,38^2 \cdot \left(\frac{112,5 \cdot 6,0}{0,18 \cdot 8760} + 0,5 \right) = 0,134 [\text{кВ} \cdot \text{Ар} \cdot \text{Ом}].$$

Тоді отримаємо:

$$Q_{\text{КН}_{\text{опт}}} = \frac{211,95}{2} - \frac{0,134}{0,0022 \cdot (1+0,6)} = 67,88 [\text{кВ} \cdot \text{Ар}].$$

З інформаційних джерел вибираємо стандартну низьковольтну конденсаторну установку типу *КРПН-0,4-80-10 У3* (70ф + 10р) в кількості 1 шт. потужністю 70 кВ·Ар.

Залишок реактивної потужності компенсуємо високовольтною конденсаторною установкою, потужність якої визначимо з виразу:

$$Q_{\text{КБ}_e} = Q_{\text{КБ}_н} - Q_{\text{К}_\text{ку}}; \quad Q_{\text{КБ}_e} = 165,7 - 70 = 95,7 [\text{кВ} \cdot \text{Ар}].$$

З інформаційних джерел вибираємо стандартну високовольтну конденсаторну установку типу *УКРМ-6,3 (10,5)-150-50* (100ф + 50р) в кількості 1 шт. потужністю 150 кВ·Ар на номінальну напругу 10 кВ. Регульовану частину конденсаторної батареї потужністю 50 кВ·Ар зменшуємо до нуля, компенсуючи, таким чином, утворений запас для компенсації реактивної потужності.

3.10 Висновки до розділу

Проведений розрахунок навантажень виробничого обладнання відповідно до його розміщення та потужності, а також розрахунки навантажень розподільчих пунктів діляниць основного виробництва з врахуванням: потужності навантажень; кількості електроприймачів; активної, реактивної та повної розрахункової потужностей; розрахункового і номінального струмів.

Здійснено вибір потужності та місця розташування трансформаторної підстанції (ТЕЦ) з двома генераторами когенераційного типу, оскільки більшість споживачів електроенергії виробництва належать до II-ї категорії надійності.

Для компенсації реактивної потужності вибрані дві конденсаторні установки: низьковольтна типу *КРПН-0,4-80-10 УЗ* й високовольтна типу *УКРМ-6,3 (10,5)-150-50 УЗ*.

Проведено розрахунок освітлення, вибрані освітлювальні установки, місця їх розташування на ділянках виробництва. Для комутації освітлення на виробничих ділянках біля входу у приміщення встановлені щитки освітлення, активна потужність яких розподілена рівномірно між трьома фазами:

4 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

4.1 Вибір площі перерізу проводів і жил кабелів

Вибір площі перерізу провідників починаємо з відгалужень від окремих електроприймачів (ЕП) або їх групи, пов'язаної взаємним розташуванням, до окремих розподільчих пунктів в напрямку до джерела живлення. Площу перерізу провідників вибираємо згідно рекомендацій ПУЕ [26] з врахуванням допустимого нагріву провідників, прокладених у металічних трубах за допомогою коефіцієнта зменшення номінального струму $k_H = 0,8$. При цьому номінальний струм електроприймача не повинен перевищувати допустимий струм для провідника в даних умовах експлуатації.

Таким чином, сечення провідників, марка проводу чи кабелю, а також їх довжина матимуть такі значення (див. відповідні листи):

- ЕП1.1: $I_H = 88,63 \text{ А}$; $I_{\text{доп}} = 115 \cdot 0,8 = 92 \text{ А}$; сечення провідників – 35 мм^2 ; довжина відрізка лінії – 18 м ; марка кабелю – *ПсВГ 3х35+1×16*;
- ЕП1.2 – 1.3 – 1.4: $I_H = 104,46 \text{ А}$; $I_{\text{доп}} = 150 \cdot 0,8 = 120 \text{ А}$; сечення провідників – $50,0 \text{ мм}^2$; довжина відрізка лінії – 12 м ; марка проводу – *ПсВГ 3х50+1×25*;

- ЕП1.5: $I_H = 54,26 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 75 \cdot 0,8 = 60,0 \text{ A}$; січення провідників – $16,0 \text{ мм}^2$; довжина відрізка лінії – 16 м ; марка проводу – *ПсВГ 3x16+1x10*;
- ЕП1.6 – 1.7 – 1.8: $I_H = 28,49 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 40 \cdot 0,8 = 32,0 \text{ A}$; січення провідників – $6,0 \text{ мм}^2$; довжина відрізка лінії – 10 м ; марка проводу – *ПВ 3–6,0–0,66*;
- ЕП1.9 – 1.10: $I_H = 37,98 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 50 \cdot 0,8 = 40,0 \text{ A}$; січення провідників – $10,0 \text{ мм}^2$; довжина відрізка лінії – 16 м ; марка проводу – *ПВ 3–10,0–0,66*;
- ЕП1.11: $I_H = 97,67 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 115 \cdot 0,8 = 92,0 \text{ A}$; січення провідників – 35 мм^2 ; довжина відрізка лінії – 10 м ; марка кабелю – *ПсВГ 3x35+1x16*;
- ЕП1.12: $I_H = 405,16 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 520 \cdot 0,8 = 416,0 \text{ A}$; січення провідників – $95,0 \text{ мм}^2$; довжина відрізка лінії – 25 м ; марка кабелю – *ПсВГ 3x95+1x35*;
- ЕП1.13 – 1.14: $I_H = 18,99 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 25 \cdot 0,8 = 20,0 \text{ A}$; січення провідників – $2,5 \text{ мм}^2$; довжина відрізка лінії – 24 м ; марка проводу – *ПВ 3–2,5–0,66*;
- ЕП1.15: $I_H = 97,67 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 115 \cdot 0,8 = 92,0 \text{ A}$; січення провідників – 35 мм^2 ; довжина відрізка лінії – 18 м ; марка кабелю – *ПсВГ 3x35+1x16*;
- ЕП 1.16: $I_H = 19,0 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 25 \cdot 0,8 = 20,0 \text{ A}$; січення провідників – $2,5 \text{ мм}^2$; довжина відрізка лінії – 20 м ; марка проводу – *ПВ 3–2,5–0,66*;
- РУ 0,4 (G1) – РП1 (ЕП1.1...ЕП1.16): $I_H = 1158,51 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 1400 \cdot 0,8 = 1120 \text{ A}$; січення провідників – 500 мм^2 ; довжина відрізка лінії – 115 м ; марка кабелю – *АВБбШв3x500+1x120*;
- ЕП2.1: $I_H = 85,46 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 115 \cdot 0,8 = 92,0 \text{ A}$; січення провідників – $35,0 \text{ мм}^2$; довжина відрізка лінії – 18 м ; марка кабелю – *ПсВГ 3x35+1x16*;
- ЕП2.2 – 2.3 – 2.4: $I_H = 75,97 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 90 \cdot 0,8 = 72,0 \text{ A}$; січення провідників – $25,0 \text{ мм}^2$; довжина відрізка лінії – 14 м ; марка

- кабелю – *ПсВГ 3x25+1x16*;
- ЕП2.5 – 2.6 – 2.7: $I_H = 32,56 \text{ A}$; $I_{\text{Доп}} = 50 \cdot 0,8 = 40,0 \text{ A}$; січення провідників – $10,0 \text{ мм}^2$; довжина відрізка лінії – 14 м ; марка проводу – *ПВ 3–10,0–0,66*;
 - ЕП2.8: $I_H = 75,97 \text{ A}$; $I_{\text{Доп}} = 90 \cdot 0,8 = 72,0 \text{ A}$; січення провідників – $25,0 \text{ мм}^2$; довжина відрізка лінії – 20 м ; марка кабелю – *ПсВГ 3x25+1x16*;
 - ЕП2.9: $I_H = 104,46 \text{ A}$; $I_{\text{Доп}} = 150 \cdot 0,8 = 120 \text{ A}$; січення провідників – $50,0 \text{ мм}^2$; довжина відрізка лінії – 22 м ; марка кабелю – *ПсВГ 3x50+1x25*;
 - ЕП2.10 – 2.11: $I_H = 19,0 \text{ A}$; $I_{\text{Доп}} = 25 \cdot 0,8 = 20,0 \text{ A}$; січення провідників – $2,5 \text{ мм}^2$; довжина відрізка лінії – 20 м ; марка проводу – *ПВ 3–2,5–0,66*;
- РУ 0,4 (G2) РП2 (ЕП2.1...ЕП2.11): $I_H = 629,48 \text{ A}$; $I_{\text{Доп}} = 755 \cdot 0,8 = 604 \text{ A}$; січення провідників – 185 мм^2 ; довжина відрізка лінії – 65 м ; марка кабелю – *АВБбШв3x185+1x50*;
- ЕП світильники (дільниця дифузії та сокоочищення): $I_H = 9,0 \text{ A}$; $I_{\text{Доп}} = 16 \cdot 0,8 = 12,8 \text{ A}$; січення провідників – $1,0 \text{ мм}^2$; довжина відрізка лінії – 200 м ; марка проводу – *ПВ 3–1,0–0,66*;
 - ЕП світильники (продуктова дільниця): $I_H = 7,50 \text{ A}$; $I_{\text{Доп}} = 16 \cdot 0,8 = 12,8 \text{ A}$; січення провідників – $1,0 \text{ мм}^2$; довжина відрізка лінії – 150 м ; марка проводу – *ПВ 3–1,0–0,66*;
 - ЕП розетки: $I_H = 7,41 \text{ A}$; $I_{\text{Доп}} = 16 \cdot 0,8 = 12,8 \text{ A}$; січення провідників – $1,0 \text{ мм}^2$; довжина відрізка лінії – 38 м ; марка проводу – *ПВ 3–1,0–0,66*;
- ВРП – ЩО (ЕП світильники ... ЕП розетки): $I_H = 9,0+7,50+1,20+ 7,41 = 25,15 \text{ A}$; $I_{\text{Доп}} = 40 \cdot 0,8 = 32,0 \text{ A}$; січення провідників – $6,0 \text{ мм}^2$; довжина відрізка лінії – 12 м ; марка проводу – *ПВ 3–6,0–0,66*;
- РУ 0,4 (G1) – ВРП - ЩО: $I_H = 120 \text{ A}$; $I_{\text{Доп}} = 150 \cdot 0,8 = 120 \text{ A}$; січення провідників – $50,0 \text{ мм}^2$; довжина відрізка лінії – 50 м ; марка кабелю – *АВБбШв 3x50+1x25* – відкрита проводка.

4.2 Кабельний журнал

Провід з мідною жилою в ПВХ–оболонці, підвищеної гнучкості марки ПВЗ–1,0–0,66 ГОСТ 6323–79 – 240 м.

Провід з мідною жилою в ПВХ–оболонці, підвищеної гнучкості марки ПВЗ–1,5–0,66 ГОСТ 6323–79 – 80 м.

Провід з мідною жилою в ПВХ–оболонці, підвищеної гнучкості марки ПВЗ–2,5–0,66 ГОСТ 6323–79 – 60 м.

Провід з мідною жилою в ПВХ–оболонці, підвищеної гнучкості марки ПВЗ–4,0–0,66 ГОСТ 6323–79 – 140 м.

Провід з мідною жилою в ПВХ–оболонці, підвищеної гнучкості марки ПВЗ–6,0–0,66 ГОСТ 6323–79 – 50 м.

Провід з мідною жилою в ПВХ–оболонці, підвищеної гнучкості марки ПВЗ–10,0–0,66 ГОСТ 6323–79 – 120 м.

Кабель з ПВХ–самозатухаючою ізоляцією та ПВХ–оболонкою, без захисної броні марки ПсВГЗх16+1х10 ГОСТ 16442–80 – 30 м.

Кабель з ПВХ–самозатухаючою ізоляцією та ПВХ–оболонкою, без захисної броні марки ПсВГЗх25+1х16 ГОСТ 16442–80 – 40 м.

Кабель з ПВХ–самозатухаючою ізоляцією та ПВХ–оболонкою, без захисної броні марки ПсВГЗх35+1х16 ГОСТ 16442–80 – 20 м.

Кабель з ПВХ–самозатухаючою ізоляцією та ПВХ–оболонкою, без захисної броні марки ПсВГЗх50+1х25 ГОСТ 16442–80 – 40 м.

Кабель з ПВХ–самозатухаючою ізоляцією та ПВХ–оболонкою, без захисної броні марки ПсВГЗх70+1х25 ГОСТ 16442–80 – 20 м.

Кабель з ПВХ–самозатухаючою ізоляцією та ПВХ–оболонкою, без захисної броні марки ПсВГЗх95+1х35 ГОСТ 16442–80 – 40 м.

Кабель силовий броньований з ПВХ–ізоляцією та шлангом марки АВБбШВЗх50+1х25 ГОСТ 16442–80 – 50 м.

Кабель силовий броньований з ПВХ–ізоляцією та шлангом марки АВБбШВЗх185+1х50 ГОСТ 16442–80 – 65 м.

Кабель силовий броньований з ПВХ–ізоляцією та шлангом марки АВБбШВЗх500+1х120 ГОСТ 16442–80 – 115 м.

4.3 Вибір захисної апаратури електромережі підприємства

Автоматичні вимикачі вибираємо з умови:

$$I_{НОМ} > (1,1 \dots 1,3) \cdot I_H,$$

де $I_{НОМ}$ – номінальний струм автоматичного вимикача, A ;

I_H – номінальний струм електроприймача, A .

Струм спрацювання відсічки електромагнітного роз'єднувача перевіряємо згідно максимального пікового струму:

$$I_{ВДС} \geq (1,25 \dots 1,35) \cdot I_{ПК},$$

де $I_{ПК}$ – піковий струм електроприймача, A .

Вставку теплового розчеплювача вибираємо з умови:

$$I_T \geq (1,1 \dots 1,2) \cdot I_H.$$

Таким чином, типи автоматичних вимикачів та їх роз'єднувачі матимуть наступні значення:

РП1: ЕП1.1: $I_H = 88,63 A$; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 265,89 A$;

$I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 115,22 A$; $I_{ВДС} \geq 1,25 \cdot I_{ПК} = 332,0 A$;

$I_T = 1,2 \cdot I_H = 106,36 A$;

автоматичний вимикач ВА 88–40; $I_{НОМ}, A: 800$; $I_P, A: 400$;

ЕП1.2 – 1.3 – 1.4: $I_H = 104,46 A$; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 313,38 A$;

$I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 135,80 A$; $I_{ВДС} \geq 1,25 \cdot I_{ПК} = 391,73 A$;

$I_T = 1,2 \cdot I_H = 125,35 A$;

автоматичний вимикач ВА 88–40; $I_{НОМ}, A: 800$; $I_P, A: 400$;

ЕП1.5: $I_H = 54,26 A$; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 162,78 A$;

$I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 70,54 A$; $I_{ВДС} \geq 1,25 \cdot I_{ПК} = 203,48 A$;

$I_T = 1,2 \cdot I_H = 65,11 A$;

автоматичний вимикач ВА 88–35; $I_{НОМ}, A: 250$; $I_P, A: 200$;

ЕП1.6 – 1.7 – 1.8: $I_H = 28,49 A$; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 85,47 A$;

$I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 37,04 A$; $I_{ВДС} \geq 1,25 \cdot I_{ПК} = 106,84 A$;

$I_T = 1,2 \cdot I_H = 34,19 A$;

автоматичний вимикач ВА 88–33; $I_{НОМ}, A: 160$; $I_P, A: 100$;

ЕП1.9 – 1.10: $I_H = 37,98 A$; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 113,94 A$;

$I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 49,37 A$; $I_{ВДС} \geq 1,25 \cdot I_{ПК} = 142,43 A$;

$I_T = 1,2 \cdot I_H = 45,58 A$;

автоматичний вимикач ВА 88–35; $I_{НОМ}, A: 250$; $I_P, A: 160$;

ЕП1.11: $I_H = 97,67 A$; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 393,01 A$;

$I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 196,97 A$; $I_{ВДС} \geq 1,25 \cdot I_{ПК} = 366,26 A$;

$I_T = 1,2 \cdot I_H = 117,20 A$;

автоматичний вимикач ВА 88–40; $I_{НОМ}, A: 800$; $I_P, A: 400$;

ЕП1.12: $I_H = 405,16 A$; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 1215,48 A$;

$I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 526,7 A$; $I_{ВДС} \geq 1,25 \cdot I_{ПК} = 1519,35 A$;

$I_T = 1,2 \cdot I_H = 486,19 A$;

автоматичний вимикач ВА 88–43; $I_{НОМ}, A: 1600$; $I_P, A: 1600$;

ЕП1.13 – 1.14: $I_H = 18,99 A$; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 56,97 A$;

$I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 24,69 A$; $I_{ВДС} \geq 1,25 \cdot I_{ПК} = 71,21 A$;

$I_T = 1,2 \cdot I_H = 22,79 A$;

автоматичний вимикач ВА 88–33; $I_{НОМ}, A: 160$; $I_P, A: 80$;

ЕП 15: $I_H = 97,67 A$; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 393,01 A$;

$I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 196,97 A$; $I_{ВДС} \geq 1,25 \cdot I_{ПК} = 366,26 A$;

$I_T = 1,2 \cdot I_H = 117,20 A$;

автоматичний вимикач ВА 88–40; $I_{НОМ}, A: 800$; $I_P, A: 400$;

ЕП 16: $I_H = 18,99 A$; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 56,97 A$;

$I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 24,69 A$; $I_{ВДС} \geq 1,25 \cdot I_{ПК} = 71,21 A$;

$I_T = 1,2 \cdot I_H = 22,79 A$;

автоматичний вимикач ВА 88–33; $I_{НОМ}, A: 160$; $I_P, A: 80$;

РУ 0,4 (G1): РП1: $I_H = 1158,51 A$; $I_{ПК} = I_H = 1158,51 A$;

$I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 1506,06 A$; $I_{ВДС} \geq 1,25 \cdot I_{ПК} = 1448,14 A$;

$I_T = 1,2 \cdot I_H = 1390,2 A$;

автоматичний вимикач ВА 88–43; $I_{НОМ}, A: 1600$; $I_P, A: 1600$;

РП2: ЕП2.1: $I_H = 85,46 A$; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 256,38 A$;

$I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 111,10 A$; $I_{ВДС} \geq 1,25 \cdot I_{ПК} = 320,48 A$;

$I_T = 1,2 \cdot I_H = 102,55 A$;

автоматичний вимикач ВА 88–37; $I_{НОМ}$, А: 400; I_P , А: 315;

ЕП2.2 – 2.3 – 2.4: $I_H = 75,97$ А; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 227,91$ А;

$I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 98,76$ А; $I_{ВДС} \geq 1,25 \cdot I_{ПК} = 284,89$ А;

$I_T = 1,2 \cdot I_H = 91,16$ А;

автоматичний вимикач ВА 88–37; $I_{НОМ}$, А: 400; I_P , А: 315;

ЕП2.5 – 2.6 – 2.7: $I_H = 32,56$ А; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 97,68$ А;

$I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 42,33$ А; $I_{ВДС} \geq 1,25 \cdot I_{ПК} = 122,1$ А;

$I_T = 1,2 \cdot I_H = 39,07$ А;

автоматичний вимикач ВА 88–35; $I_{НОМ}$, А: 250; I_P , А: 125;

ЕП2.8: $I_H = 75,97$ А; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 227,91$ А;

$I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 98,76$ А; $I_{ВДС} \geq 1,25 \cdot I_{ПК} = 284,89$ А;

$I_T = 1,2 \cdot I_H = 91,16$ А;

автоматичний вимикач ВА 88–37; $I_{НОМ}$, А: 400; I_P , А: 315;

ЕП2.9: $I_H = 104,46$ А; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 313,38$ А;

$I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 135,80$ А; $I_{ВДС} \geq 1,25 \cdot I_{ПК} = 391,73$ А;

$I_T = 1,2 \cdot I_H = 125,35$ А;

автоматичний вимикач ВА 88–40; $I_{НОМ}$, А: 800; I_P , А: 400;

ЕП2.10 – 2.11: $I_H = 18,99$ А; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 56,97$ А;

$I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 24,69$ А; $I_{ВДС} \geq 1,25 \cdot I_{ПК} = 71,21$ А;

$I_T = 1,2 \cdot I_H = 22,79$ А;

автоматичний вимикач ВА 88–33; $I_{НОМ}$, А: 160; I_P , А: 80;

РУ 0,4 (G2): РП2: $I_H = 629,48$ А; $I_{ПК} = I_H = 629,48$ А;

$I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 818,32$ А; $I_{ВДС} \geq 1,25 \cdot I_{ПК} = 786,85$ А;

$I_T = 1,2 \cdot I_H = 755,38$ А;

автоматичний вимикач ВА 88–40; $I_{НОМ}$, А: 800; I_P , А: 800;

ЩО: ЕП (осв. 6 шт.): $I_H = 9,0$ А; $I_{ПК} = 5 \cdot I_H = 45,0$ А;

$I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 11,7$ А; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot I_{ПК} = 60,75$ А;

$I_T = 1,2 \cdot I_H = 10,8$ А;

автоматичний вимикач C60L 1P C; $I_{НОМ}$, А: 63; I_P , А: 16;

ЕП (осв. 5 шт.): $I_H = 7,50$ А; $I_{ПК} = 5 \cdot I_H = 37,50$ А;

$I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 9,75$ А; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot I_{ПК} = 50,625$ А;

$I_T = 1,2 \cdot I_H = 9,0$ А;

автоматичний вимикач *C60L 1P C*; $I_{НОМ}$, А: 63; I_P , А: 10;

ЕП (розетки): $I_H = 7,41$ А; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 22,29$ А;

$I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 9,63$ А; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot I_{ПК} = 30,01$ А;

$I_T = 1,2 \cdot I_H = 8,89$ А;

автоматичний вимикач *C60L 2P C*; $I_{НОМ}$, А: 63; I_P , А: 10;

ВРП: ЩО: $I_H = 24,58$ А; $I_{ПК} = (24,58 - 9,0 - 7,41) + 2 \cdot 9,0 + 3 \cdot 7,41 = 8,17 + 18,0 + 22,23 = 48,40$ А;

$I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 31,95$ А; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot I_{ПК} = 65,34$ А;

$I_T = 1,2 \cdot I_H = 29,50$ А;

автоматичний вимикач *ВА 88–32*; $I_{НОМ}$, А: 125; I_P , А: 32.

4.4 Проектне рішення

Виходячи з проведених розрахунків прийняте таке проектне рішення:

– на ТЕЦ замість застарілого генератора із значним терміном експлуатації для живлення електроприймачів цукрозаводу встановити два турбогенератори когенераційного типу марки *JMS–412–850 “GE Jenbacher”* номінальною потужністю 850 кВт кожний, які споживатимуть біогаз від біоенергетичної установки *“Huo Long Biogas”* потужністю 210 м³/год.;

– для підготування жому, як одного з основних відходів цукрового виробництва в якості енергетичного продукту для живлення біоенергетичної установки, ввести в експлуатацію жомосушильний комплекс *SC 1029 А*, а також прес–гранулятор жому *ГТ–420*;

– розподільні пристрої РП1 та РП2 основного виробництва під’єднати роздільно до обох генераторів з використанням захисних пристроїв – автоматичних вимикачів типу *ВА 88–40* (габарит – 800 А; розчіплювач – 800 А) та *ВА 88–43* (габарит – 1600 А; розчіплювач – 1600 А);

- на щитку освітлювальному встановити автоматичні вимикачі: *один* триполюсний вхідний типу *ВА 88–32* (габарит – 125 А; розчіплювач – 32 А); *три* однополюсних для світильників на ділянках (один – в резерві), а також *один* двополюсний для розеток з розчіплювачем струму в нульовому проводі й фазі типу *C60L 2P 10A C* (габарит – 63 А; розчіплювач – 10 А);

- проводку для світильників провести в сталених трубах марки 15 всередині приміщень діляниць проводом марки ПБЗ-1,0-0,66 в кількості 120 м; коробки протяжні з'єднувальні типу У 994М під'єднати до щитка освітлювального проводом ПБ 3-1,5-0,66 в кількості 25 м;

- для освітлення виробничих діляниць встановити світильники в кількості 11 шт. типу ГСП 04В-400-512 з лампами високого тиску типу ДРІ-400-6;

- передбачити захист ВРП від струмів к.з. зі сторони щитка освітлювального - запобіжниками ППНИ-33-0 (плавкі уставки – 20 А) – 3 шт.;

- до ВРП та розподільних пристроїв РП1, РП2 від генераторів ТЕЦ провести кабелі силові броньовані з ПВХ-ізоляцією та ПВХ-шлангом типів АББШв 3×50+1×25, АББШв 3×500+1×120 та АББШв 3×185+1×50 зовнішньою проводкою довжиною 50 м, 115 м та 65 м, відповідно.

– на двох генераторах ТЕЦ роздільно виділити дві комірки для живлення розподільних пристроїв РП1, РП2 обладнання основного виробництва цукрозаводу потужністю 700 кВ·А та 400 кВ·А з пропускнуою здатністю по струму 1400 А та 760 А, відповідно.

4.5 Розрахунок максимальних струмів кіл навантаження силового трансформатора

У вторинних колах силових трансформаторів можуть протікати струми коротких замикань різної величини. Електропостачання споживачів у ремонтний період здійснюється однією з ліній за допомогою силового трансформатора номінальною потужністю $S_{НОМ} = 250 \text{ кВ}\cdot\text{А}$.

Розрахункова точка трифазного КЗ в установках напругою до 1 кВ – безпосередньо за автоматичним вимикачем силового трансформатора.

Для визначення струмів КЗ в т. К1 потрібно визначити відносні опори елементів схеми.

Для силового трансформатора повний опір:

$$Z_T = \frac{(u_{к.з.} / 100)U^2}{S_{ном.Т}},$$

де $u_{к.з.}$ - напруга КЗ, %;

$S_{ном.Т}$ - номінальна потужність трансформатора, $кВА$;

U - напруга мережі, $В$.

$$Z_T = \frac{(4,5 / 100) \cdot 380^2}{250 \cdot 10^3} = 0,026 Ом = 26 мОм;$$

Активний опір трансформатора:

$$R_T = \frac{\Delta P_{к.з.} \cdot U^2}{(S_{ном.Т})^2},$$

де $\Delta P_{к.з.}$ - втрати від КЗ, $кВт$;

$S_{ном.Т}$ - номінальна потужність трансформатора, $кВА$;

U - напруга мережі, $В$.

$$R_T = \frac{0,61 \cdot 10^3 \cdot 380^2}{(250 \cdot 10^3)^2} = 0,001409 Ом = 1,409 мОм;$$

Реактивний опір трансформатора:

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2};$$

$$X_T = \sqrt{26^2 - 1,409^2} = 25,96 мОм;$$

Сумарний опір кола трифазного КЗ в т. $К1$:

$$Z_{\Sigma}^{(3)} = \sqrt{(R_{\Sigma}^{(3)})^2 + (X_{\Sigma}^{(3)})^2};$$

$$(R_{\Sigma}^{(3)}) = R_T + R_{ш} + R_a + R_k + R_{Т.Т};$$

$$(X_{\Sigma}^{(3)}) = X_T + X_{ш} + X_a + X_{Т.Т},$$

де R_T ; X_T - активний та реактивний опір трансформатора;

$R_{ш}$; $X_{ш}$ - опіри шин від трансформатора до автоматичного вимикача
($R_{ш} = 0,5 мОм$; $X_{ш} = 2,25 мОм$);

R_a ; X_a - опори котушок розчеплювачів максимального струму автоматичних вимикачів (табл. 4.1);

R_k - значення перехідних опорів контактів (табл. 4.2);

$R_{Т.Т}$; $X_{Т.Т}$ - первинні опори обмоток трансформатора струму (табл. 4.3);

$$R_{\Sigma 1}^{(3)} = 1,409 + 0,5 + 0,25 + 0,12 + 0,2 = 2,479 мОм;$$

$$X_{\Sigma 1}^{(3)} = 25,96 + 2,25 + 0,094 + 0,3 = 28,6 мОм;$$

$$Z_{\Sigma 1}^{(3)} = \sqrt{2,479^2 + 28,6^2} = 70,91 \text{ МОм.}$$

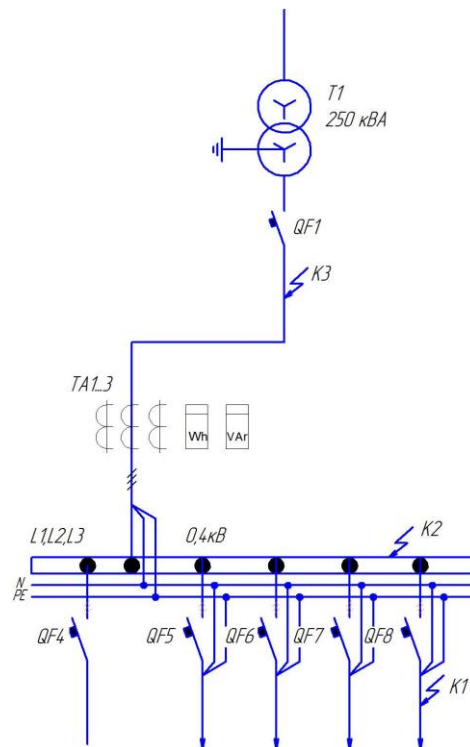


Рисунок 4.1 - Однолінійна схема для розрахунку коротких замикань

Діюче значення струму трифазного КЗ:

$$I_{\text{к.з.}}^{(3)} = \frac{U_{\text{ср.ном.}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma 1}^{(3)}};$$

$$I_{\text{к.з.}}^{(3)} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 70,91 \cdot 10^{-3}} = 3,093 \cdot 10^3 \text{ А} \approx 3,09 \text{ кА.}$$

Ударний струм КЗ від системи:

$$i_{\text{к.з.}}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot k_{\text{у.с.}} \cdot I_{\text{к.з.}}^{(3)},$$

де $k_{\text{у.с.}}$ - ударний коефіцієнт, (для трансформатора 250 кВА $k_{\text{у.с.}} = 1,2$);

$I_{\text{к.з.}}^{(3)}$ - діюче значення струму трифазного КЗ.

$$i_{\text{к.з.}}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,2 \cdot 3,09 = 5,244 \cdot 10^3 \text{ А} \approx 5,25 \text{ кА.}$$

Для визначення струмів КЗ в т. K2 потрібно визначити відносні опори елементів схеми.

Сумарний опір кола трифазного КЗ в т. K2:

$$Z_{\Sigma 2}^{(3)} = \sqrt{(R_{\Sigma 2}^{(3)})^2 + (X_{\Sigma 2}^{(3)})^2};$$

$$R_{\Sigma 2}^{(3)} = R_{\Sigma 1}^{(3)} + R_{III} + R_{II};$$

$$X_{\Sigma 2}^{(3)} = X_{\Sigma 1}^{(3)} + X_{III} + X_{II};$$

$$R_{\Sigma 2}^{(3)} = 2,479 + 0,5 + 0,1 = 3,079 \text{ мОм};$$

$$X_{\Sigma 2}^{(3)} = 28,6 + 2,25 + 0,05 = 30,9 \text{ мОм};$$

$$Z_{\Sigma 2}^{(3)} = \sqrt{3,079^2 + 30,9^2} = 31,05 \text{ мОм};$$

Діюче значення струму трифазного КЗ визначаємо згідно формули:

$$I_{к.з.}^{(3)} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 31,05 \cdot 10^{-3}} = 7,065 \cdot 10^3 \text{ А} = 7,06 \text{ кА}.$$

Ударний струм КЗ від системи визначаємо згідно формули:

$$i_{к.з.}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,2 \cdot 7,065 = 11,99 \approx 12 \text{ кА}.$$

Для визначення струмів КЗ в т. КЗ потрібно визначити відносні опори елементів схеми.

Сумарний опір кола трифазного КЗ в т. КЗ:

$$Z_{\Sigma 3}^{(3)} = \sqrt{(R_{\Sigma 3}^{(3)})^2 + (X_{\Sigma 3}^{(3)})^2};$$

$$R_{\Sigma 3}^{(3)} = R_{\Sigma 2}^{(3)} + R_{III} + R_{II};$$

$$X_{\Sigma 3}^{(3)} = X_{\Sigma 2}^{(3)} + X_{III} + X_{II};$$

$$R_{\Sigma 3}^{(3)} = 3,079 + 1,8 + 1,3 = 6,18 \text{ мОм};$$

$$X_{\Sigma 3}^{(3)} = 30,9 + 0,86 + 0,14 = 31,9 \text{ мОм};$$

$$Z_{\Sigma 3}^{(3)} = \sqrt{6,18^2 + 31,9^2} = 32,49 \text{ мОм};$$

Діюче значення струму трифазного КЗ визначаємо з формули:

$$I_{к.з.}^{(3)} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 32,49 \cdot 10^{-3}} = 6,752 \cdot 10^3 \text{ А} \approx 6,75 \text{ кА}.$$

Ударний струм КЗ від системи визначаємо з формули:

$$i_{к.з.}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,2 \cdot 6,75 = 11,45 \cdot 10^3 \text{ А} = 11,45 \text{ кА}.$$

Для визначення сумарного ударного струму потрібно визначити струми КЗ

від асинхронних двигунів, приєднаних до даного автоматичного вимикача, згідно формули:

$$\Sigma i_{y,d} \approx 6,5 \cdot (3,42 \cdot 2 + 9,76 \cdot 2 + 3,16 + 5 + 2,09 + 10,13 + 4,56 + 2,6 + 5,7 + 2,06) = 40,79 \text{ A} \approx 0,041 \text{ кА}$$

Сумарний ударний струм визначається згідно формули:

$$i_{y,\Sigma}^{(3)} = 11,45 + 0,041 = 11,491 \text{ кА}$$

Таблиці для розрахунку опорів кіл струму трифазного КЗ:

Таблиця 4.1 - Опори котушок розчіплювачів максимального струму

Номінальний струм автоматичного вимикача, А	100	140	200	400	600
X_a , мОм	0,86	0,55	0,28	0,10	0,094
R_a , мОм	1,8	0,74	0,36	0,15	0,12

Таблиця 4.2 - Опори перехідних контактів

Номінальний струм, А	50	100	200	400	600	1000	1600
Автомат: R_k , мОм	1,3	0,75	0,6	0,4	0,25	-	-
Рубильник: R_k , мОм	-	0,5	0,4	0,2	0,15	0,08	-

Таблиця 4.3 - Опори обвиток трансформатора струму

Коефіцієнт трансформації трансформатора струму	100/5	150/5	200/5	300/5	400/5
X_{TT} , мОм	2,7	1,2	0,67	0,3	0,17
R_{TT} , мОм	1,7	0,75	0,42	0,2	0,17

4.6 Вибір основного електрообладнання підстанції і низьковольтної мережі електропостачання

Проводимо вибір встановленого на ЗРП ПС 35/10кВ високовольтного вимикача, який вимикає високовольтну лінію, що живить підстанцію.

Результати розрахунків зводимо в табл. 4.4

Таблиця 4.4 - Вибір високовольтного вимикача ЗРП ГПП 10 кВ

Величина, що вибирається та перевіряється	Розрахункові дані	Довідникові дані вимикача
1. Номінальна напруга, кВ $U_{HB} \geq U_{HV}$	10	10
2. Довготривалий струм, А $I_{HB} \geq I_{PV}$	36,5	630
3. Струм відмикання, кА $I_{Відм} \geq I_{\infty}$	8,1	15
4. Потужність відмикання, МВ·А $S_{відм} \geq S_{Кз}$	140,1	150
5. Ударний струм к.з., кА $i_{У.В} \geq i_{У}$	22,3	26
6. Струм термічної стійкості, кА $I_{Н.Т.С.} \geq I_{\infty} \sqrt{\frac{t_{П}}{t_{НТС}}}$	4,1	12

де U_{HB} - номінальна напруга вимикача;
 U_{HV} - номінальна напруга уставки;
 I_{HB} - номінальний струм вимикача;
 I_{PV} - розрахунковий струм уставки;
 I_{∞} - усталений струм к.з. в місці встановлення вимикача;
 $S_{відм}$ - потужність відмикання вимикача;
 $S_{Кз}$ - потужність к.з. в місці встановлення вимикача;
 $i_{У.В}$ - допустимий ударний струм вимикача;
 $i_{У}$ - ударний струм к.з.;
 $I_{Н.Т.С.}$ - номінальний струм термічної стійкості вимикача;
 $t_{П}$ - приведений час дії струму к.з.;
 $t_{НТС}$ - номінальний час дії струму к.з..

Згідно [37] вибираємо високовольний вимикач типу ВМН-10.

Проводимо вибір вимикача навантаження і запобіжника з високої сторони трансформаторної підстанції.

Результати вибору та перевірки зводимо в табл. 4.5.

Таблиця 4.5 - Вибір вимикача навантаження і запобіжника

№ з/п	Величина, що вибирається та перевіряється	Розрахункові дані	Довідникові дані вимикача
1	Номінальна напруга, кВ $U_{HB} \geq U_{HV}$	10	10

2	Довготривалий струм вимикача, A $I_{HB} \geq I_P$	36,5	40
3	Довготривалий струм запобіжника, A $I_{HB} \geq I_P$	36,5	40
4	Струм відмикання запобіжника, $кА$ $I_{Відм} \geq I_{\infty}$	6,42	12
5	Потужність відмикання запобіжника, $МВ \cdot А$ $S_{відм} \geq S_{Кз}$	111,0	150
6	Ударний струм кз, $кА$ $i_{У.В} \geq i_U$	16,2	26

Згідно [37] вибираємо автоматичний вимикач типу ВНП-17УЗ і запобіжник типу ПК-101.40.

Проводимо вибір трансформаторів струму, встановлених зі сторони низької напруги трансформаторної підстанції.

Визначаємо допустиме навантаження вторинного кола трансформатора струму:

$$S_2 = S_P + I_{H2}^2 \left(\frac{\sqrt{3} \cdot 1}{j \cdot S_{пров}} + R_K \right) [B \cdot A],$$

де $S_P = 1 B \cdot A$ - потужність, яка споживається реле і вимірювальними приладами, увімкненими у вторинне коло трансформатора струму;

$I_{H2} = 5 A$ - номінальний струм вторинної обвитки трансформатора струму;

$j = 32 A \cdot мм^{-2}$ - провідність під'єднувальних провідників;

$S_{пров} = 2,5 мм^2$ - переріз під'єднувальних провідників;

$R_K = 0,1 Ом$ - опір контактів.

Отримаємо:

$$S_2 = 1 + 5^2 \left(\frac{\sqrt{3}}{32 \cdot 2,5} + 0,1 \right) = 4,85 B \cdot A.$$

Результати розрахунку і вибору зводимо в табл. 4.6.

Таблиця 4.6 - Вибір трансформаторів струму

№ з/п	Величина, що вибирається та перевіряється	Розрахункові дані	Довідникові дані вимикача
1	2	3	4

1	Номинальна напруга, кВ $U_{HB} \geq U_{HV}$	0,38	0,66
2	Струм первинної обмотки, А $I_{HB} \geq I_{PV}$	1001,1	1500
3	Навантаження на вторинну обмотку, кА $S_{2H} \geq S_2$	4,85	20

Продовження таблиці 4.6

1	2	3	4
4	Кратність допустимого струму електродинамічної стійкості $K_{дин} \geq \frac{i_y}{\sqrt{2} \cdot I_{HT}}$	32,6	40
5	Кратність струму термічної стійкості, KA $I_{H.T.C.} \geq I_{\infty} \sqrt{\frac{t_{\Pi}}{t_{HTC}}}$	4,18	20

Згідно [37] вибираємо трансформатори струму типу ТНШЛ-0,66.

Проводимо вибір автоматичного вимикача, встановленого в ЗРП–0,4 кВ підстанції. Результати вибору і перевірки зводимо в табл. 3.7.

Таблиця 4.7 - Вибір та перевірка автоматичного вимикача

№	Величина, що вибирається та перевіряється	Розрахункові дані	Довідникові дані вимикача
1	Номінальна напруга, kB $U_{HA} \geq U_{HV}$	0,38	0,66
2	Довготривалий струм, A $I_{HA} \geq I_P$	1001,1	1500
3	Струм відмикання, KA $I_{відм} \geq I_{\infty}$	20,53	30

Згідно [37] вибираємо автоматичний вимикач типу АВМ-10 (аналог - ВА88-43 (габарит – 1600 А, розчіплювач - 1000 А)).

4.7 Перевірка струмовідних частин системи електропостачання на термічну стійкість

Проводимо перевірку кабельної лінії на термічну стійкість.

Умова перевірки:

$$S_{min} \leq S_n \text{ мм}^2,$$

де S_n - переріз вибраного кабелю, $мм^2$.

$$S_{min} = \frac{I_{\infty} \cdot \sqrt{t_n}}{C} \text{ мм}^2,$$

де I_{∞} - усталений струм к. з. на початку лінії, що перевіряється, А;

t_n - приведений час дії струму к. з., с;

$C = 85$ - коефіцієнт для кабелів з алюмінієвими жилами.

Отримаємо:

$$S_{\min} = \frac{20500 \cdot \sqrt{0,25}}{85} = 120,6 \text{ мм}^2.$$

Оскільки $S_{\min} = 120,6 \text{ мм}^2 \leq S_n = 150 \text{ мм}^2$, робимо висновок, що кабель живлення (кабель силовий броньований з ПВХ-ізоляцією та ПВХ-шлангом типу АББШв $3 \times 150 + 1 \times 70$) вибраний вірно.

4.8 Релейний захист трансформаторів підстанції

Оскільки зі сторони вищої напруги (10 кВ) трансформаторної підстанції встановлені автоматичні вимикачі навантаження і запобіжники, то захист від коротких замикань і перенавантажень здійснюється за допомогою автоматичного вимикача типу ВВП–17 УЗ і запобіжника типу ПК-101.40.

Захист від внутрішніх пошкоджень трансформаторів виконуємо за допомогою газового реле ПГЗ-22, яке діє на сигнал і відключення вимикача навантаження.

4.9 Розрахунок захисного і робочого заземлення центру живлення електропостачання

Розрахуємо пристрої заземлення двотрансформаторної підстанції центру живлення 6500 кВ·А напругою 35/10 кВ «Іваничі». Для розрахунку виберемо такі вихідні дані мережі 35 кВ:

- найбільший розрахунковий струм замикання на землю через пристрій заземлення на стороні 10 кВ $I_z = 12,5 \text{ А}$;
- ґрунт у місці спорудження – суглинок;
- кліматичний район, де розташований проєктований цех – третій;
- опір природних заземлювачів приймаємо рівним $R_{з.пр} = 0$.

Намічаються пристрої заземлення для підстанції із зовнішнього боку виробничих приміщень з розташуванням вертикальних заземлювачів за контуром з відстанню між ними $a = 5$ м. Матеріал вертикальних заземлювачів – кругла сталь (електрод) діаметром $d = 18$ мм і довжиною $l_B = 5$ м. Метод занурення вертикальних заземлювачів – вкручування. Верхні кінці вертикальних заземлювачів занурені на глибину $t_r = 0,7$ м і приварені до горизонтального заземлювача із сталеві смуги шириною $b = 40$ мм і висотою $h = 4$ мм [38].

В електроустановках напругою 10 кВ, якщо пристрої заземлення одночасно використовується і для електроустановки з напругою до 1 кВ, опір пристрою заземлення визначається за формулою:

$$R_3 \leq \frac{U_3}{I_3},$$

причому приймається $U_3 = 125$ В і його величина має бути не більшою, ніж 10 Ом. З урахуванням вихідних даних:

$$R_3 = \frac{125}{12,5} = 10 \text{ Ом.}$$

При виконанні пристрою заземлення одночасно для заземлення електричного обладнання до і понад 1 кВ приймається опір пристрою заземлення тієї установки, де він є мінімальним. Зі сторони напруги 0,38 кВ $R_3 \leq 4$ Ом. Остаточо приймається $R_{3,норм} \leq 4$ Ом.

Величина питомого опору ґрунту ρ (Ом·м) у місці спорудження пристрою заземлення, який рекомендується для розрахунків, береться з відповідних таблиць [38].

Коефіцієнти вертикальної прокладки K_B і горизонтальної прокладки K_G приймаються з таблиць (для 3-го кліматичного району $K_B = 1,3$, $K_G = 2,5$) [38].

Розрахункові питомі опори ґрунту для вертикальних і горизонтальних заземлювачів визначаються з виразів, відповідно:

$$\rho_{p.B} = K_B \cdot \rho;$$

$$\rho_{p.G} = K_G \cdot \rho.$$

Таким чином, для суглинку:

$$\rho_{p.B} = 1,3 \cdot 100 = 130 \text{ Ом}\cdot\text{м};$$

$$\rho_{p.\Gamma} = 2,5 \cdot 100 = 250 \text{ Ом}\cdot\text{м}$$

Визначається опір розтікання одного вертикального електрода діаметром $d = 18$ мм і довжиною $l_B = 5$ м при занурені на глибину $t_\Gamma = 0,7$ м.

$$R_{3.6} = \frac{0,366\rho_{p.6}}{l_6} \left(\lg \frac{2l_6}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t_6 + l_6}{4t_6 - l_6} \right), \text{ Ом}\cdot\text{м}$$

$$R_{3.6} = \frac{0,366 \cdot 130}{5} \left(\lg \frac{2 \cdot 5}{18 \cdot 10^{-3}} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot 3,2 + 5}{4 \cdot 3,2 - 5} \right) = 27,82 \text{ Ом}\cdot\text{м}.$$

З таблиці [38] без урахування горизонтальних смуг при попередньо вибраній кількості електродів у контурі $n = 20$ шт. та відношенні $a/l_B = 1$ вибирається коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів з урахуванням екранування $K_{6.6.e} = 0,47$. Наближена кількість вертикальних заземлювачів обчислюється за формулою:

$$n = \frac{R_{3.6}}{K_{6.6.e} R_{3.норм}}, \text{ шт.};$$

$$n = \frac{27,82}{0,47 \cdot 4} = 14,8 \text{ шт}.$$

Приймається найближча більша ціла кількість вертикальних заземлювачів $n = 15$.

Визначається опір розтікання горизонтального заземлювача зі сталевій смуги шириною b і висотою h за формулою:

$$R_{3.2} = \frac{0,366\rho_{p.2}}{l_\Gamma} \lg \frac{2l_\Gamma^2}{bt_\Gamma}, \text{ Ом},$$

$$R_{3.2} = \frac{0,366 \cdot 250}{5 \cdot 15} \lg \frac{2(5 \cdot 15)^2}{40 \cdot 10^{-3} \cdot 0,7} = 6,84 \text{ Ом}.$$

З таблиці [38] при кількості вертикальних заземлювачів у контурі $n = 15$ шт. і при визначеному відношенні $a/l_B = 1$ визначається коефіцієнт використання горизонтального заземлювача з урахуванням екранування:

$$R_{3.2.e} = \frac{R_{3.2}}{K_{6.2.e}}, \text{ Ом},$$

$$R_{з.з.е} = \frac{6,84}{0,3} = 22,8 \text{ Ом.}$$

Визначається уточнений опір вертикальних електродів з урахуванням горизонтальної смуги:

$$R_{з.в.е} = \frac{R_{з.з.е} R_{з.норм}}{R_{з.з.е} - R_{з.норм}}, \text{ Ом,}$$

$$R_{з.в.е} = \frac{22,8 \cdot 4}{22,8 - 4} = 4,85 \text{ Ом.}$$

Уточнена кількість вертикальних електродів визначається з урахуванням $n = 15$ шт., $a / l_B = 1$, $K_{в.в.е} = 0,5$ [38] за формулою:

$$n_y = \frac{R_{з.в}}{K_{в.в.е} - R_{з.в.е}}, \text{ шт.};$$

$$R_{з.в.е} = \frac{27,82}{0,5 \cdot 4,85} = 11,5 \text{ шт.}$$

Остаточню приймаємо 12 вертикальних електродів.

4.10 Висновки до розділу

Проведено розрахунок січення провідників та вибрані марки проводів чи кабелів, захисної апаратури електромережі й прийняте таке проектне рішення:

- на ТЕЦ для живлення електроприймачів цукрозаводу встановити два турбогенератори когенераційного типу марки *JMS-412-850 "GE Jenbacher"* номінальною потужністю 850 кВт кожний, які споживатимуть біогаз від біоенергетичної установки "*Huo Long Biogas*" потужністю 210 м³/год.;

- для підготування жому ввести в експлуатацію жомосушильний комплекс *SC 1029 A*, а також прес-гранулятор жому *ГТ-420*;

- на двох генераторах ТЕЦ роздільно виділити дві комірочки для живлення розподільних пристроїв РП1, РП2 обладнання основного виробництва цукрозаводу потужністю 700 кВ·А та 400 кВ·А з пропускною здатністю по струму 1400 А та 760 А, відповідно.

Виконано перевірку струмовідних частин мережі за максимальним режимом, втратами напруги і термічною стійкістю.

Розраховано струми короткого замикання, на основі чого проведено вибір основного електрообладнання центру живлення і низьковольтної мережі виробництва. Захист від струмів короткого замикання і перевантаження виконаний автоматичними вимикачами з електромагнітними і тепловими розчіплювачами та магнітними пускачами технологічного обладнання.

Проведено розрахунок захисного і робочого заземлення центру живлення 35/10 кВ системи електропостачання.

5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1 Дослідження ефективності функціонування цукрової галузі в Україні

Особливості розвитку суспільного буття у світовій практиці беззаперечно свідчать про те, що темпи приросту харчових продуктів майже на всіх континентах помітно відстають від темпів приросту населення. До того ж, досить негативний вплив мають системні повторення зниження врожаїв через несприятливі погодні умови.

Незважаючи на наявність в Україні досить сприятливих ґрунтово-кліматичних, соціально-економічних умов для виробництва цукрових буряків і матеріально-технічної бази їх переробної промисловості, цукро–бурякове виробництво в країні значно відстає від рівня Європейських держав.

Так, найбільші посівні площі під цукровими буряками відведено в Німеччині, Франції та Польщі - понад 240 тис. га, тоді як в Україні ця культура, займаючи у (2 ... 2,5) рази більші площі, має урожайність майже удвічі нижчою. У переважній більшості країн вихід цукру з 1 га посівної площі бурякової сировини у 3–4 рази вищий. До того ж, вилучення цукру із цукрових буряків становить майже у всіх розвинутих країнах (за винятком Польщі) понад 15% або на 25% більше, ніж в Україні. Отже, досвід Європейських країн свідчить про наявність значних резервів збільшення виробництва цукру та його ефективності [2].

Тому надто надмірна активна поспішність деяких сучасних політиків та

економістів щодо переведення в металевий брухт матеріально-технічної бази багатьох підприємств цукрової промисловості свідчить про непоправну шкоду українській економіці. Якщо кризова ситуація в агропромисловому виробництві призвела до руйнування матеріально-ресурсного потенціалу, то це зовсім не означає, що через тимчасово не завантажені виробничі потужності, закриття цукрових заводів їх треба негайно знищити [1].

Слід мати на увазі, що навколо цукрових заводів створена і розвинута соціально-економічна інфраструктура, яка обслуговувала сільське населення: медичні заклади, школи і дошкільні установи, торгівельні організації, культурно-освітнянські, спортивні та інші. На цукрових заводах в середньому працювало по (580 ... 620) робітників і службовців, що давало можливість існувати малим населеним пунктам з числом проживаючих (2500 ... 3500) мешканців.

Істотний розвиток світового цивілізованого суспільства переконливо доводить про необхідність не згортання виробництва певних видів продовольчих ресурсів, а їх удосконалення, збільшення, поліпшення якості з тим, щоб задовільняти зростаючі потреби людської спільноти. Світове виробництво продуктів харчування на три чверті зосереджено у сільському господарстві.

Якщо порівняти макроекономічні показники за останні 15 років, то посівна площа цукрових буряків скоротилася більш як удвічі при незначному зростанні урожайності. Внаслідок цього виробництво бурякового цукру в Україні скоротилося втричі. Причини криються в кризовому стані агропромислового виробництва, зниженні купівельної спроможності населення, втраті зв'язків на зовнішніх ринках, інфляції та гіперінфляції [8].

5.2 Концепція виробництва біогазу з біоенергетичних рослин в Україні

Найбільш ефективним і універсальним енергоносієм з усіх біологічних видів палива є біогаз, який отримують з відтворюваної сировини і органічних відходів. Біогаз може застосовуватися на місці його виробництва для отримання електроенергії та тепла або, після очищення і збагачення, подаватися у загальну газотранспортну мережу. Виробництво біогазу створює додаткову зайнятість і є джерелом доходу, зокрема, в сільській місцевості, де гостро відчувається нестача

робочих місць.

Організація місцевого виробництва біогазу відкрила б Україні шлях до Європи. Таку можливість пропонує Директива 2009/28/ЄС, яка зобов'язує країни ЄС до 2020 року покрити принаймні 10 % кінцевого споживання енергії в транспортному секторі за рахунок поновлювальних джерел енергії. Якщо зараз правильно розставити акценти, біогаз може стати для України історією успіху, в якій будуть лише переможці.

Відомо, що Україна лише частково забезпечує себе власними енергоресурсами і змушена імпортувати близько 65% викопних енергоносіїв. Тому, сьогодні особливо гостро стоїть питання освоєння нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії в Україні для підвищення рівня енергетичної безпеки держави [7].

Біогаз – це горючий газ, який утворюється у результаті бродіння різних видів біомаси і складається: з метану CH_4 (50-75 %), вуглекислого газу CO_2 (25-50 %), водяної пари H_2O (0-10%), азоту N_2 (0,01-5 %), кисню O_2 (0,01-2 %), водню H_2 (0-1 %), аміаку NH_3 (0,01-2,5 мг/м³) та сірководню H_2S (10-30 мг/м³). Основним компонентом біогазу є горючий газ метан, вміст якого залежить від типу сировини і процесу бродіння.

Біогаз утворюється в результаті природного процесу мікробного розкладання органічної маси у вологому середовищі в анаеробних умовах (за відсутності кисню). Сировиною для біогазових установок є, перш за все, сільськогосподарські субстрати, такі як рідкий та стійловий гній або енергетичні культури (цукровий буряк, кукурудза, цукрове сорго, міскантус тощо). Використовуються також субстрати, які є побічними продуктами переробної промисловості та інші органічні відходи комунального господарства [13].

Найбільш перспективними сільськогосподарськими культурами, сировина яких може використовуватись для отримання біогазу в Україні є цукрове сорго (вихід біогазу - 17,6 тис. м³/га), кукурудза на силос (16,0 тис. м³/га), цукрові (10,9 тис. м³/га) та кормові (10,8 тис. м³/га) буряки (див. рис. 5.1). Тому, для отримання достатніх обсягів біогазу в Україні необхідно розширити площі посівів цих культур.

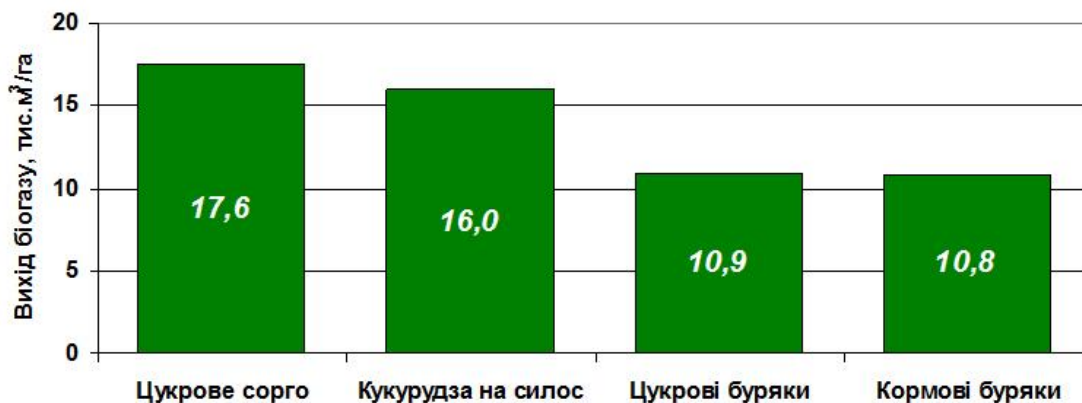


Рисунок 5.1 - Потенційний вихід біогазу з 1 га різних біоенергетичних рослин

Традиційною культурою для виробництва біогазу в світі є кукурудза на силос, потенціал якої в Україні також є значним. Станом на 2014 рік площа посіву зернової кукурудзи в Україні становить понад 5 млн. га. Для сушіння зерна кукурудзи використовують здебільшого природний газ, через високу вартість якого суттєво знижується рентабельність вирощування цієї культури. Тому, доцільно частину площ посівів зернової кукурудзи (у межах 2 млн. га) перевести на вирощування силосної кукурудзи для виробництва біогазу. Це дозволить щорічно отримати близько 35,2 млрд. м³ біогазу або 17,0 млрд. м³ біометану [27].

Вирощування силосної кукурудзи як сировини для виробництва біогазу є більш економічно вигідним, ніж вирощування кукурудзи на зерно. Так, за ціни на зерно кукурудзи 2,4 тис. грн./т та потенційної врожайності зерна 8 т/га, виручка від реалізації зерна становитиме 19,2 тис. грн./га. В той же час, вихід біогазу з 1 га силосної кукурудзи за врожайності 80 т/га становитиме близько 16 тис. м³/га або 8,5 тис. м³/га біометану. За ціни на природний газ 6,4 грн./м³ виручка від реалізації становитиме 54,4 тис. грн./га, тобто у 2,8 рази більшою (див. рис. 5.2). При цьому, затрати на вирощування силосної та зернової кукурудзи є приблизно однаковими.

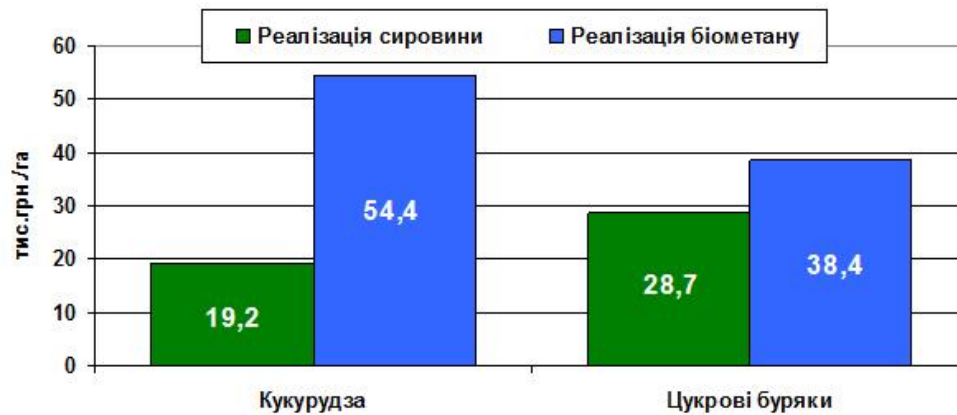


Рисунок 5.2 - Економічні переваги виробництва біогазу

Економічна привабливість використання кукурудзи на енергетичні цілі загрожує зменшенням продуктів харчування та кормів. На основі цього ЄС прийняв новий Закон про поновлювані джерела енергії (EEG - 2012), відповідно до якого масова частка кукурудзи у живильному субстраті для біогазових установок має становити не більше 60 %. Тому, сьогодні країни ЄС розглядають цукрові буряки, як альтернативу кукурудзі [27].

Для України цукрові буряки є традиційною і найбільш ефективною культурою. З одного гектара цукрових буряків (за урожайності 70 т/га) можна отримати до 11 тис. м³/га біогазу з вмістом метану 60% (див. рис. 5.1). За однакових затрат на вирощування виручка від реалізації цукрових буряків за ціни 410 грн./т становитиме 28,7 тис. грн./га, а за умови виробництва біогазу – 38,4 тис. грн./га (див. рис. 4.2) [7].

Упродовж останніх десятиріч площі посівів цукрових буряків в Україні суттєво зменшились: з 1,6 млн. га у 1990 році до 0,33 млн. га у 2014 році. Це негативно вплинуло на структуру сівозмін та на культуру землеробства в цілому. Тому, потенціал цукрових буряків, як сировини для виробництва біогазу в Україні, може становити до 1 млн. га. Це дозволить отримати до 6 млрд. м³ біогазу.

Економічно доцільним є використання в якості сировини для виробництва біогазу цукрового сорго, яке можна вирощувати в південних посушливих регіонах України. З одного гектара посівів цукрового сорго можна збирати до 100 т/га цукромісткої біомаси з цукристістю соку до 18%, що забезпечує потенційний

вихід біогазу близько 17,6 тис. м³/га. Ранні строки збирання цукрового сорго на енергетичні цілі робить його хорошим попередником для озимих культур. Орієнтовна площа посівів цієї культури в Україні може складати близько 500 тис. га, що забезпечить близько 4,4 млрд. м³ біометану.

За таких посівних площ біоенергетичних культур досягається співвідношення біомаси кукурудзи до біомаси цукрових буряків та сорго на рівні 60:40, що відповідає новим вимогам ЄС [7].

Отже, вирощування найбільш придатних для виробництва біогазу сільськогосподарських культур (кукурудзи на силос, цукрових буряків та цукрового сорго) на площі 3,5 млн. га дозволить замінити 27,4 млрд. м³ природного газу. Для щорічного перероблення такої кількості біомаси в Україні необхідно побудувати близько 28 тис. біогазових установок потужністю 5,2 тис.м³/добу біогазу. Таким чином, установки з виробництва біогазу мають бути побудовані майже у кожному селі, що додатково створить 0,5 млн. робочих місць в сільській місцевості.

Наприклад, у Німеччині у 2013 році для виробництва біогазу було задіяно 7772 біогазові установки загальною потужністю 3,53 ГВт, при цьому було створено близько 125 тис. робочих місць як подано на рис. 5.3 [19].

Під час вирощування сільськогосподарських культур на енергетичні цілі слід використовувати біоадаптивні технології, що зменшить антропогенне навантаження на землі та скоротить викиди парникових газів в атмосферу. При цьому, необхідно враховувати такі заходи зі скорочення викидів парникових газів [15]:

- зведення до мінімуму кількості та інтенсивності обробітків ґрунту;
- використання широкозахватних комбінованих агрегатів, здатних за один прохід виконувати декілька технологічних операцій;
- широке використання біологізації землеробства (сидерати, сумісні посіви декількох культур тощо);
- використання залишків бродіння в якості добрив;
- недопускання спалювання побічної продукції на полях;
- широке використання генно-модифікованих рослин як сировини для виробництва біопалива.



Рисунок 5.3 - Динаміка кількості біогазових установок в Німеччині та їх сумарна потужність

За рахунок використання залишків бродіння у якості добрив досягається зменшення викидів парникових газів майже у 3 рази, порівняно із традиційними мінеральними та органічними добривами (див. рис. 5.4).

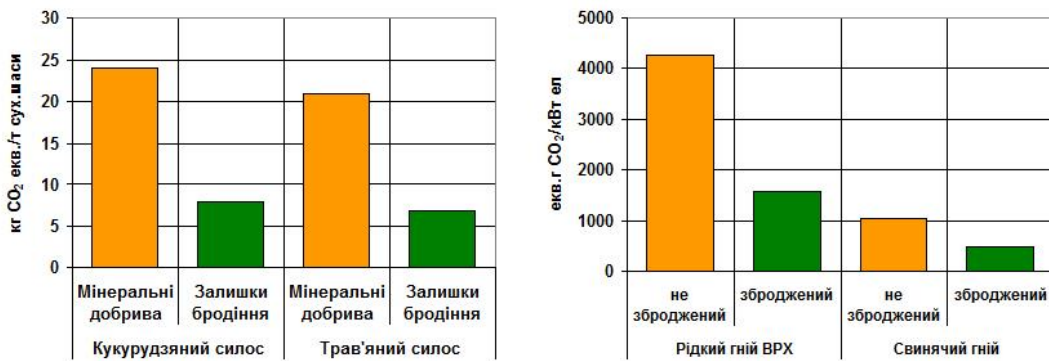


Рисунок 5.4 - Скорочення викидів в атмосферу парникових газів внаслідок застосування залишків продуктів бродіння

У порівнянні з гноєм залишки бродіння є менш глейкими і тому можуть набагато швидше проникати в ґрунт.

5.3 Оптимізація безвідходної технології виробництва цукру

Яким би способом не вирішувалась проблема екологізації виробництва, без економічної оцінки природного фактору тут не обійтись. Добираючи технологічну схему переробки сільськогосподарської сировини, часто перевагу надають найдешевшим природомістким та багатовідходним структурам

виробництва. Природний фактор, як зовнішній стосовно виробництва, економічної оцінки не одержує. Це означає, що еколого-економічні збитки, що виникають внаслідок функціонування підприємств з переробки сільськогосподарської сировини, до уваги не беруться. Між тим, величина ця реально існує і виражається в додаткових втратах матеріальних, трудових, фінансових і природних ресурсів, яких зазнає суспільство внаслідок виробничої діяльності цих підприємств [13].

Відомо, що критерієм екологічної оптимальності технологічної схеми переробки сільськогосподарської сировини слід вважати ступінь впливу виробництва на навколишнє середовище, який можна подати такою моделлю [11]:

$$\sum_{q=1}^e m_q \cdot V_q + \sum_{l=1}^n S_{ql} \rightarrow \min, \quad (5.1)$$

де min - оцінка одиниці q -го ресурсу, що споживається;

V_q - річний об'єм ресурсу, що виробляється;

S_{ql} - втрати l -го природокористувача (виробничого об'єкту) від забруднення та виснаження q -го ресурсу.

Критерієм екологізації виробництва може служити рівень безвідходності виробництва, який перебуває в тісному взаємозв'язку і залежності від масштабів споживання природо-ресурсного потенціалу навколишнього середовища і масою розміщених у ньому відходів. Причому, оцінка рівня безвідходності повинна ґрунтуватися на показниках, які характеризують ступінь замкненості матеріально-технічного потоку на «вході» і на «виході» виробництва відносно навколишнього середовища. Орієнтуватися слід на натурально-вартісні показники, а не на виключно вартісні.

Тому, ступінь замкненості виробництва щодо навколишнього середовища слід визначати як відношення маси виробленої продукції до витраченої на її одержання маси матеріально-сировинних ресурсів. У вироблену продукцію входить не лише одержуваний основний і побічний продукт, а й продукція, виготовлена з утилізованих на даному підприємстві відходів, а також маса відходів, що реалізуються на сторону. Враховуючи це, ступінь замкнутості виробництва розраховують за формулою [11]:

$$K_3 = \frac{\sum V_q \cdot A_q - O_{H3}}{V_q \cdot A_K}, \quad (5.2)$$

де K_3 - коефіцієнт замкненості виробництва;

V_q - фактичні витрати природних ресурсів, сировини, матеріалів, палива на одиницю виробленої продукції (або сировини, що переробляється);

A_K - річний обсяг виробництва продукції (переробки сировини);

O_{H3} - річний об'єм невикористовуваних відходів і побічних продуктів виробництва.

Коефіцієнт екологічності характеризує ступінь безпечності виробництва щодо навколишнього середовища і визначається виразом:

$$K_E = 1 - K_B, \quad (4.3)$$

де K_E - коефіцієнт екологічності виробництва;

K_B - коефіцієнт відходомісткості виробництва.

При цьому, коефіцієнт відходомісткості визначається співвідношенням маси відходів, зведеної до одного об'єму з урахуванням відмінностей ступеня їх шкідливості (небезпечності) в розрахунку на одиницю продукції (або перероблюваної сировини) [11]:

$$K_B = O_{H3}^{\Gamma} \cdot P^{\Gamma} \cdot \sum V_q \cdot A_K, \quad (4.4)$$

де O_{H3}^{Γ} - річний об'єм невикористовуваного відходу γ -го виду, що розміщується в навколишньому середовищі;

P^{Γ} — показник відносної небезпеки відходів γ -го виду.

Рівень безвідходності оцінюють за показником замкненості, скоригованим на коефіцієнт екологічності, що дає змогу визначити ступінь збалансованості матеріально-сировинних потоків на «вході» і «виході» виробництва з урахуванням його безпечності щодо навколишнього середовища:

$$K_B = \frac{1}{2}(K_3 + K_E). \quad (4.5)$$

Залежно від специфіки переробки сільськогосподарської сировини оцінювати рівень безвідходності виробництва слід з урахуванням дії контрольних показників водо-, земле- та енергомісткості технологічних процесів. Для народного господарства важливим є підвищення рівня безвідходності не окремого

підприємства, а комплексу галузевих виробництв. Водночас слід мати на увазі, що оцінка екологічності технологій переробки сільськогосподарської сировини є не самоціллю, а засобом розширення вузьких місць виробництва і досягнення на основі оптимального режиму ресурсокористування максимального госпрозрахункового доходу. Тому реалізація принципів оцінки екологічності технологій повинна здійснюватися спільно з перебудовою всієї системи економічного стимулювання.

Відсутність необхідних економічних стимулів, що могли б спонукати підприємства з переробки сільськогосподарської сировини до екологічного вдосконалення виробництва, призводить до того, що природоохоронна робота в галузі здійснюється стихійно, в основному під тиском директивних вказівок, що є не найкращим засобом досягнення природоохоронних цілей. Навіть підприємства з однаковою технічною оснащеністю по-різному реалізують можливості екологічного вдосконалення виробництва.

Так, показник водовідведення в розрахунку на 1 т перероблюваного цукрового буряка на Тернопільському (4,4 м³/т), Вінницькому і Хмельницькому (4,2 м³/т) виробничих об'єднаннях більш ніж вдвічі вищий, за аналогічний показник Полтавського виробничого об'єднання. Пояснюється це просто: використовуючи водні ресурси як безплатний дар природи (плата за водоспоживання, введена в 1982 році є символічною), маючи власні водозабори, за відсутності чіткої системи контролю за водоспоживанням підприємства не прагнуть вдаватися до прогресивних природоохоронних заходів [11].

Реально ситуація складається так, що екологічне вдосконалення виробництва вимагає збільшення витрат на переробку сільськогосподарської сировини, а отже, неминуче призведе до зниження прибутку і рівня фондівіддачі. Тому, переозброєння галузі на основі прогресивної екологічно чистої технології в умовах розширення економічних методів господарювання може бути здійснено лише в тому випадку, коли процес екологічного вдосконалення виробництва буде пов'язаний з відповідною системою економічного стимулювання безвідходної переробки сільськогосподарської сировини.

5.4 Комплексна переробка відходів цукрового виробництва

Сьогодні в Україні безліч цукрових заводів отримують як побічний продукт велику кількість бурякового жому, який не тільки не використовується для виробництва енергії, але й викликає серйозні проблеми щодо його утилізації, тим більше, що немає достатньої кількості худоби, щоб використовувати його як корм.

Цукрова м'якоть в залишку містить приблизно 1% цукру, що разом з іншим біоматеріалом є чудовим джерелом для вироблення енергії шляхом анаеробного зброджування як подано на рис. 5.5 та рис. 5.6.

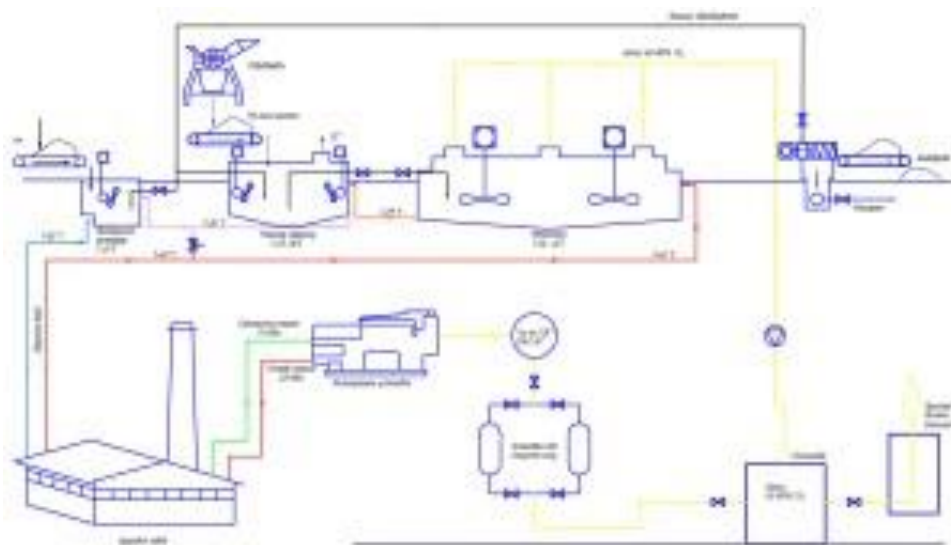


Рисунок 5.5 - Схема потоків біосировини при переробці у біогаз

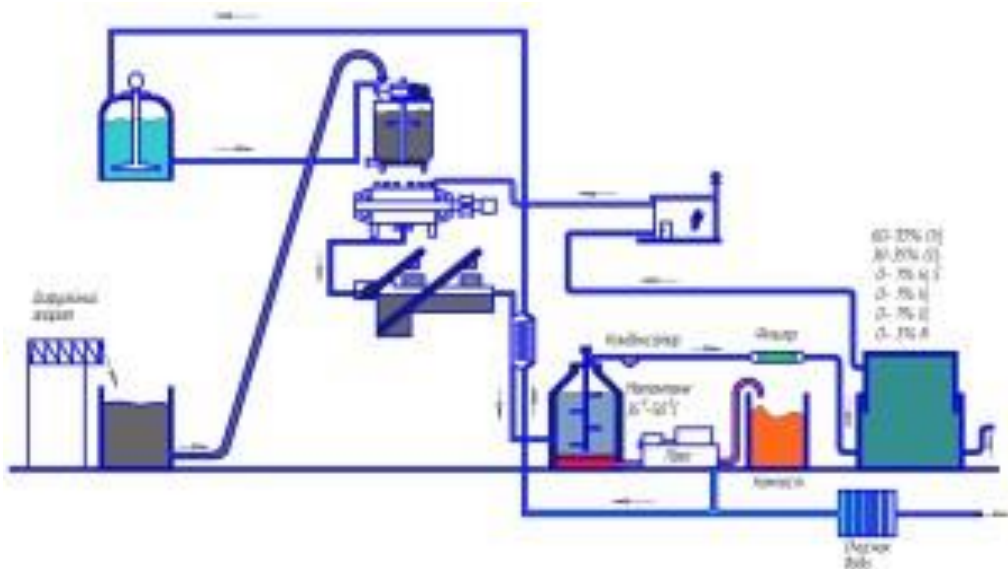


Рисунок 5.6 - Технологічна схема біогазової установки на цукровому заводі
Біогазова технологія дозволяє також отримати в найкоротші терміни за

допомогою анаеробного зброджування натуральне біодобриво, яке містить біологічно активні речовини і мікроелементи. Основною перевагою біодобрив перед традиційними добривами є форма, доступність і збалансованість всіх елементів живлення, високий рівень гумусофікації органічної речовини [10].

Залишки від процесу бродіння з біогазових установок містять значну кількість легкодоступного для рослин азоту, фосфору, калію та мікроелементів і можуть використовуватись в якості добрив, які за своєю дією схожі на мінеральні добрива. Вміст азотних речовин у залишках бродіння зберігається на 70%, вміст калію та фосфору - на 100%. Відповідно, для підтримання родючості ґрунту, достатньо вносити залишки біогазового бродіння і компенсувати тільки 30% азоту за рахунок мінеральних добрив або безводного аміаку. Під час виробництва 1 м³ біогазу на сучасних заводах залишається близько 5,4 кг твердих та 16,8 кг рідких біодобрив (див. рис. 5.7).



Рисунок 5.7 - Зовнішній вигляд компосту - відходу біоенергетичної установки

Біоенергетична установка дає добрива високої якості, які можна використовувати на полях. Так само їх можна вигідно продавати. Ці добрива за якістю кращі мінеральних, а їх собівартість практично дуже низька.

Також з 1 м³ біогазу в когенераторній установці (див. рис. 5.8) можна отримати 2 кВт електроенергії, а також гарячий теплоносій, отримуваний у самій установці при охолодженні її вузлів. Для роботи когенераційної установки біогаз використовується без будь-якого очищення.



Рисунок 5.8 - Генераторна установка електро- та теплоенергії на біогазі

В табл. 5.1 подані показники виробництва цукру з використанням біогазової технології на основі переробки бурякового жому [30].

Таблиця 5.1 - Техніко–економічні та енергетичні показники виробництва цукру з використанням біогазової технології

Техніко–економічні та енергетичні показники	Числове значення
Продуктивність переробки сировини, <i>т/день</i>	4800
Вміст сухої речовини жому, % (<i>т/день</i>)	7 (336)
Тривалість сезону переробки буряку, <i>днів/рік</i>	100
Тривалість подачі сировини в метантенк, <i>год./день</i>	8
Тривалість обробки сировини (жому), <i>год./день</i>	24
Тривалість ферментації (бродиння), <i>год./день</i>	24
Вивід компосту (продукту бродиння), <i>год./день</i>	24
Продуктивність біогенераторної установки:	
Генерація біогазу, <i>м³/т</i>	350
Денний вихід біогазового продукту, <i>м³/день</i>	117600
Еквівалентне теплотворення біогазу, <i>кВт·год./м³</i>	6,3
Генерація електроенергії:	
Ефективність переробки біогазу, %	83
Згенерована біогазом енергія, <i>кВт·год./день</i>	614900
Відсоток конвертації в електроенергію, %	38
Еквівалентний вміст електроенергії, <i>кВт·год./день</i>	234000
Кількість електроенергії на власні потреби, <i>кВт·год./день</i>	18900
Кількість електроенергії для продажу, <i>кВт·год./день</i>	215100

Продовження таблиці 5.1

Потужність генераторної електроустановки, <i>кВт</i>	11700
Генерація теплоенергії:	
Згенерована біогазом тепла енергія, <i>кВт·год./день</i>	614900
Кількість еквівалентної електроенергії, <i>кВт·год./день</i>	234000
Залишок теплової енергії, <i>кВт·год./день</i>	380900
Теплова енергія на власні потреби, <i>кВт·год./день</i>	48000
Втрати тепла при виробництві, <i>кВт·год./день</i>	20000
Надлишок теплової енергії, доступний для використання у цукровому виробництві, <i>кВт·год./день</i>	312900
Надлишок теплової енергії, доступний для теплопостачання при температурі (45 ... 90) ⁰ С, <i>кВт·год./день</i>	156500

5.5 Висновки до розділу

Незважаючи на наявність в Україні досить сприятливих ґрунтово-кліматичних, соціально-економічних умов для виробництва цукрових буряків і матеріально-технічної бази їх переробної промисловості, цукробурякове виробництво в країні значно відстає від рівня Європейських держав.

Сьогодні особливо гостро стоїть питання освоєння нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії в Україні для підвищення рівня енергетичної безпеки держави.

Найбільш ефективним і універсальним енергоносієм з усіх біологічних видів палива є біогаз, який отримують з відтворюваної сировини і органічних відходів. Виробництво біогазу створює додаткову зайнятість і є джерелом доходу, зокрема, в сільській місцевості, де гостро відчувається нестача робочих місць.

Вирощування найбільш придатних для виробництва біогазу сільськогосподарських культур (кукурудзи на силос, цукрових буряків та цукрового сорго) на площі 3,5 млн. га дозволить замінити 27,4 млрд. м³ природного газу. При цьому слід використовувати біоадаптивні технології, що зменшить антропогенне навантаження на землі та скоротить викиди парникових газів в атмосферу.

Подана модель критерію екологічної оптимальності технологічної схеми переробки сільськогосподарської сировини за ступенем впливу виробництва на навколишнє середовище.

Критерієм екологізації виробництва може служити рівень безвідходності

виробництва, який перебуває в тісному взаємозв'язку і залежності від масштабів споживання природоресурсного потенціалу навколишнього середовища і масою розміщених у ньому відходів.

Біогазова технологія додатково до біогазу дозволяє отримувати за допомогою анаеробного зброджування натуральне біодобриво, яке містить біологічно активні речовини і мікроелементи. Основною перевагою біодобрив є форма, доступність і збалансованість всіх елементів живлення, високий рівень гумусифікації органічної речовини.

6 ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Однією з стратегічно важливих галузей харчової промисловості України є бурякоцукрова промисловість. Кінцевими продуктами цього підкомплексу є цукор в асортименті, а також побічна продукція - меляса (патока), жом. З продуктів їх переробки одержують багато інших речовин: із меляси - дріжджі, гліцерин, лимонну кислоту для хімічної, косметичної і харчової промисловості, спирт і ще понад 20 найменувань продукції; із жому - пектиновий клей. Крім того жом і меляса - це цінні кормові ресурси тваринництва [8].

За поживністю 100 кг свіжого жому містять 8 кормових одиниць, а 100 кг сухого жому 85 кормових одиниць. Свіжий жом використовується для годівлі великої рогатої худоби, свиней. Сухий жом за кормовими якостями наближається до концентрованих кормів, його використовують, як сировину для виробництва харчового і технічного пектину, який застосовується в харчовій і текстильній промисловості. З 1 тони цукрових буряків, вирощених в Україні, можна одержати 130 кг цукру (вихід 13,0%), 40 кг меляси (4%), 800 кг сирого жому (вихід 80%) або 238 кг пресованого.

Залежно від цукристості, яка реально коливається в межах 15-19%, наведені показники можуть дещо змінюватися, але в усіх випадках, з 1 тони коренеплодів можна одержати, в середньому, 73 кілограми, або ~ 100 л біоетанолу, що при врожайності 50 т/га забезпечує його вихід на рівні 3600 кг або 4500 літрів. Із пресованого жому при його переробці на спеціальній біогазовій установці можна

одержати 24 м³ біогазу з вмістом метану 70% або 1190 м³ в розрахунку на 1 гектар при урожайності 50 т/га. Цукрові буряки в помірних широтах за виходом біоетанолу перевершують всі інші сільськогосподарські культури [13].

6.1 Аналіз інновацій в буряко–цукровій галузі України

Подолання наслідків фінансової кризи й відродження конкурентоспроможності українського цукру на світовому ринку є однією з основних проблем нашої країни, розв'язання якої має важливе не тільки економічне й соціальне, але й політичне значення. Одним з векторів руху в цьому напрямку є інноваційний розвиток цукрової галузі. Особливого значення набуває використання енерго- та ресурсозберігаючих технологій виробництва, сучасної високопродуктивної техніки, засобів захисту рослин.

Однак, на даний час лише 11 цукропереробних заводів: Вінницької (2 заводи), Тернопільської (1 завод), Хмельницької (3 заводи), Волинської (1 завод), Чернігівської (1 завод), Харківської (2 заводи) та Миколаївської (1 завод) областей є інноваційно–активними [19].

Слід зазначити, що активація інноваційної діяльності цукрових заводів формує інвестиційну привабливість галузі. Основним джерелом фінансування інновацій є їх власні кошти, однак це унеможливорює фінансування великомасштабних інноваційних проектів, а ставки кредитів надто високі. Основними видами інновацій є придбання машин, обладнання та програмного забезпечення.

Одним із перспективних напрямів інноваційного розвитку цукрової галузі є поєднання на цукровому заводі виробництва цукру та біоетанолу. За даними асоціації «Укрцукор» частка палива та електро- пароенергії в собівартості переробки 1 т цукрового буряка сягає 38%, а складова його частина в собівартості цукру становить 27%, а на окремих підприємства ще вища. Однак, у галузі сформувалася група з 10 цукрозаводів, які стабільно мають витрати умовного палива до маси буряка у межах 4%, а витрати природного газу на їх 1 т - лише 25–30 м³.

Традиційним підходом в Україні є виробництво біоетанолу з відходів

цукробурякового виробництва – меляси, проте його можна виробляти і з проміжних продуктів: жому, дифузійного соку, цукрового сиропу, зеленої патоки та ін.

Розрахункові дані щодо співвідношення вироблених продуктів та валовий дохід за різними варіантами схем переробки цукрових буряків на цукор та біоетанол в умовах типового цукрового заводу потужністю 3000 т буряків за добу й типової тривалості сезону переробки 90 діб наведені в таблиці 6.1 [19].

Таблиця 6.1 – Варіанти схем переробки цукрового буряка на цукор та біоетанол для отримання максимального економічного ефекту

Варіанти переробки цукрових буряків	Вироблена продукція			Валовий дохід, млн. грн.
	Цукор білий, тис. т	Біоетанол, т	Меляса, тис. т	
1. Переробка цукрових буряків за діючою схемою повного циклу в-цтва цукру	35,1 (100%)	–	10,8	184,0 (100%)
2. Переробка цукрових буряків за схемою повного циклу в-цтва цукру та переробка меляси на біоетанол	35,1 (100%)	2571	–	201,2 (109,3%)
3. Переробка цукрових буряків за схемою вилучення з циклу цукрового в-цтва 20% дифузійного соку та в-цтва з нього й отриманої меляси біоетанолу	28,04 (80%)	6429	–	204,5 (111,1%)
4. Переробка цукрових буряків за схемою неповного циклу цукрового в-цтва з вилученням 20% дифузійного соку та зеленої патоки першої кристалізації	22,19 (63%)	10563	–	216,6 (117,7%)

Наведені розрахунки свідчать, що незалежно від варіанту схеми перероблення цукрового буряка будівництво біоетанольної установки як складової цукрового заводу збільшує обсяг його валового прибутку на 17–33 млн. грн. за рік.

6.2 Аналіз проблеми ціноутворення на вторинну сировину цукрової галузі

Аналіз можливостей використання вторинних продуктів переробки цукрового буряка, зростання попиту на них на внутрішньому і світовому ринку дозволяють стверджувати про доцільність включення цієї продукції у систему

планування ціноутворення на підприємствах та необхідність удосконалення методики такого ціноутворення.

Доцільність такого підходу можна підтвердити попитом на один з продуктів переробки цукрового буряка – мелясу. Так, ринок меляси у відсотковому співвідношенні такий: 3% – на корм худобі; 17% – на виготовлення дріжджів; 50% – на експорт; 30% – на спиртові заводи. Бурякова меляса експортується до багатьох країн світу: це Німеччина, Польща, Іспанія, Італія, Франція, Туреччина, Азія, Молдова та багато інших країн, які продовжують свою співпрацю з Україною.

Чіткого контролю за реалізацією меляси бурякової немає, вона реалізовується приватними цукровими заводами на форвардних та спотових засадах комерційним структурам - посередникам і вивозиться ними за межі регіону й держави. Ціна за такими контрактами значно вища, ніж запропонована посередниками на внутрішньому ринку.

Оскільки відходи цукрової галузі є важливим джерелом біоенергетики, великого значення набуває розрахунок техніко-економічного обґрунтування їх собівартості. Слід зауважити, що на даний час вторинна продукція, як попутна при переробці цукрового буряка, самостійно не калькулюється, її вартість, обчислена за визначеними цінами, вираховується із загальної суми витрат на сировину та основні матеріали, віднесена на собівартість продукції.

До прикладу, нижче наведено калькуляцію затрат на виготовлення сушеного жому з цукросировини [10].

Витрати на виробництво сушеного жому плануються за його видами в розрізі таких статей калькуляції:

- сировина;
- паливо та енергія на технологічні цілі;
- витрати на основну заробітну плату робітників;
- витрати на додаткову заробітну плату;
- відрахування на соціальні заходи;
- витрати на утримання і експлуатацію устаткування;
- загальновиробничі витрати.

До статті «Сировина» включається вартість свіжого жому, меляси,

карбаміду й інших добавок при виробництві м'ясо-амідного, амідного та інших видів сушеного жому. Кількість свіжого жому на сушіння планується у відповідності з виробничою програмою.

Кількість залікового свіжого жому M , t з масовою часткою сухої речовини (СР) 6,5% для одержання сушеного жому в кількості $M_{с.ж}$, t визначають за формулою:

$$M = (M_{с.ж} \times CP_{с.ж}) : 6,305, (t),$$

де 6,305 – масова частка СР залікового жому з урахуванням витрат при сушінні (3%).

На заводах, де відпресовують жом, який направляється тільки на жомосушіння, витрату залікового жому визначають з урахуванням втрат СР при пресуванні за формулою:

$$M = (M_{с.ж} \times CP_{с.ж} \times 100) : \{6,5 \times [100 - (B_n + 3,0)]\}, (t),$$

де B_n – витрати СР при пресуванні, %.

Витрату залікового свіжого жому на виробництво сушеного м'ясо-амідного або бардяного жому при додаванні м'яси або барди перед сушінням визначають за формулою:

$$M = [(M_{м.ж} \times CP_{м.ж}) - (M_m \times CP_m)] : 6,305, (t),$$

де $M_{м.ж}$ – маса сушеного м'ясо-амідного (бардяного) жому, t ;

$CP_{м.ж}$ – масова частка сухих речовин м'ясо-амідного (бардяного) жому, %;

M_m – маса м'яси (барди), введеної в жом, t ;

CP_m – масова частка сухих речовин м'яси (барди), введеної в жом, %.

За статтею «Паливо і енергія на технологічні цілі» плануються кількість і вартість умовного палива і електроенергії, які витрачаються на жомосушіння, що вираховуються у відповідності з нормами їх витрат на одиницю продукції, виробничою програмою і цінами франко-склад цукрового заводу. До статті «Витрати на основну заробітну плату виробничих робітників» включаються витрати на оплату праці робітників жомосушки, а також робітників на підвезені палива, відвезені шлаку, зважуванні і складуванні сушеного жому.

Складена відповідним чином калькуляція на переробку вторинної сировини дозволить цукровому заводу об'єктивно оцінити вартість цієї переробки, а також визначити заходи підвищення ефективності всього циклу цукрового виробництва.

6.3 Висновки щодо ефективності переробки вторинної сировини буряко–цукрового виробництва

Поєднання виробництв цукру та біоетанолу в умовах цукрових заводів сприятиме вирішенню продовольчої та енергетичної проблем, збільшенню продуктивності й прибутковості підприємств. Зокрема, це дозволяє цукровим заводам реалізувати такі переваги:

- переробляти значну кількість цукрових буряків без обмежень, пов'язаних з розміром квот на білий цукор;
- зменшити витрати палива на переробку цукрових буряків;
- зменшити собівартість та підвищити ефективність виробництва цукру;
- забезпечити конкурентоспроможність біоетанолу на ринках Європи за рахунок зменшення ціни на сировину;
- зменшити забрудненість стічних вод та витрат на їх очищення, а отже покращити екологічну ситуацію в країні.

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.1 Заходи з електробезпеки при експлуатації технологічних електроустановок

При роботі на технологічних установках виділяють три системи засобів і заходів забезпечення електробезпеки [23]:

- система технічних засобів і заходів;
- система електрозахисних засобів;
- система організаційно-технічних заходів і засобів.

До систем технічних засобів електробезпеки належать засоби і заходи з електробезпеки, що реалізуються в конструкціях електроустановок при їх розробці, виготовленні та монтажі відповідно до чинних нормативів.

За своїми функціями технічні засоби і заходи забезпечення електробезпеки поділяють на дві групи:

- технічні заходи і засоби забезпечення електробезпеки при нормальному режимі роботи електроустановок;
- технічні заходи і засоби забезпечення електробезпеки при аварійних режимах роботи електроустановок.

Основні технічні засоби і заходи забезпечення електробезпеки при нормальному режимі роботи електроустановок включають:

- ізоляцію струмопровідних частин;
- недоступність струмопровідних частин;
- блокувальні пристрої безпеки;
- виконання електроустановок з ізолюванням від землі;
- захисне розділення електричних мереж;
- компенсацію ємнісних струмів замикання на землю;
- вирівнювання потенціалів.

З метою підвищення рівня безпеки, залежно від призначення, умов експлуатації і конструкції в електроустановках застосовуються всі з перерахованих вище технічних засобів і заходів.

Ізоляція струмопровідних частин забезпечує технічну працездатність електроустановок, зменшує вірогідність попадань людини під напругу, замикань на землю і на корпус електроустановок, зменшує струм через людину при доторканні до неізольованих струмопровідних частин в електроустановках, що живляться від ізольованої від землі мережі за умови відсутності фаз з пошкодженою ізоляцією. Отже, одним із заходів при вирішенні питань електробезпеки є перевірка ізоляції струмопровідних частин.

Ще одним із заходів при вирішенні питань електробезпеки є застосування блокувальних пристроїв безпеки. Блокувальні пристрої безпеки застосовуються в електроустановках, експлуатація яких пов'язана з періодичним доступом до огорожених струмопровідних частин, в комутаційних апаратах, помилки в оперативних переключеннях яких можуть призвести до аварії і нещасних випадків, в рубильниках, пусковій апаратурі, автоматичних вимикачах, які працюють в умовах підвищеної небезпеки.

Призначення блокувальних пристроїв безпеки: унеможливити доступ до неізолюваних струмопровідних частин без попереднього зняття з них напруги, попередити помилкові оперативні та керуючі дії персоналу при експлуатації електроустановок; не допустити порушення рівня електробезпеки та вибухозахисту електрообладнання без попереднього від'єднання його від джерела живлення.

До числа заходів щодо вирішення питань з електробезпеки є виконання електричних мереж ізолюваними від землі. В мережах, ізолюваних від землі, при однофазному під'єднанні людини під напругу і відсутності пошкодження ізоляції інших фаз, величина струму через людину визначається опором ізоляції фаз відносно землі, який, щонайменше, становить 10^5 Ом згідно нормативу ПУЕ [26].

Таким чином, виконання мереж ізолюваними від землі обмежує величину струму через людину при доторканні до фазного проводу з непошкодженою ізоляцією за рахунок опору ізоляції фаз відносно землі за умови забезпечення необхідного стану ізоляції. Тому, застосування мереж, ізолюваних від землі, вимагає обов'язкового контролю опору ізоляції.

Одним із найголовніших заходів профілактики електротравм та інших нещасних випадків є проведення інструктажу з охорони праці при допуску до роботи. Виконання заходів з електробезпеки при експлуатації електроустановок забезпечить безпечне виконання роботи працівниками на виробництві.

7.2 Заходи з охорони праці на виробничих дільницях буряко–цукрового підприємства

Основою охорони праці на бурякоцукрових підприємствах повинно бути розроблення заходів щодо попередження виникнення нещасних випадків у період приймання та переробки цукрової сировини. Обов'язковими повинні бути проведення навчань з питань охорони праці, дотримання вимог електробезпеки усіх посадових осіб підприємств, приведення у відповідність вимогам нормативно-правових актів з питань охорони праці виробничих будівель і приміщень [36].

Також на підприємствах галузі повинні виконуватись як технічні, так і

організаційні заходи:

- створення на робочих місцях умов, які відповідають санітарним нормам;
- забезпечення вільного доступу до робочих місць, необхідної ширини проходів і безпечності підймання людей, встановлення необхідного риштування;
- відключення від електромережі поставленого на ремонт обладнання, очищення його від продуктів виробництва;
- запобігання випадковій або помилковій подачі на робочі місця води, соку, сиропу, пари, газу, електричного струму;
- огороження небезпечних зон виконання робіт, вивішування запобіжних написів, плакатів.

Відомо [34], що серед основних причин травмування працівників під час обслуговування обладнання та виконання ремонтних робіт в сезон цукроваріння можна виділити: незадовільну організацію робіт; порушення технологічного процесу та вимог безпеки праці; несправний технічний стан засобів виробництва; відсутність або невикористання засобів індивідуального захисту; недостатнє професійне підготування працівників, порушення трудової дисципліни, незадовільний контроль за виконанням робіт тощо.

7.2.1 Водовіддільники

Ланцюгова передача водовіддільника повинна укомплектовуватись огороженням з люками, закритими кришками.

Електроустаткування водовіддільників повинно відповідати вимогам для особливо сирих приміщень: електродвигуни зі ступенем захисту не нижче IP43 за ГОСТ 14254-96 (діючий, перевид. 2007-01-01), напруга на апаратурі ланцюгів управління - не більше 42 В.

7.2.2 Бурякомийка

Бурякомийний агрегат відноситься до устаткування з підвищеною небезпекою. Згідно класифікації будівель і приміщень цукрового виробництва у відношенні ураження працівників електричним струмом у мийному відділенні встановлена категорія «Д» (з підвищеною небезпекою); щодо стану повітряного середовища в приміщенні - особливо сире і особливо небезпечне.

Вимоги безпеки при ремонті, обслуговуванні і налагодженні бурякомийки повинні відповідати нормативам «Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів» [25].

Конструкція бурякомийки повинна виключати розбризкування води. Бурякомийки повинні бути обладнані пісковловлювачами і каменевловлювачами, якими керують дистанційно, і регуляторами рівня води. Рухомі і обертові частини бурякомийки (муфти, валки, шнеки, ланцюгові передачі) повинні бути закриті суцільним огородженням.

Розміщення вентилів, кранів, рукояток, шибєрних пристроїв тощо повинно бути зручним для обслуговування та забезпечувати безпечність роботи персоналу.

Корито бурякомийки потрібно огородити вздовж периметру вертикальною решіткою висотою 1 м від рівня підлоги площадки.

Електроустаткування бурякомийок повинне відповідати вимогам особливо сирих приміщень: електродвигуни зі ступенем захисту не нижче IP43 згідно з ГОСТ14254-96, апаратура ланцюгів управління напругою не більше 42В.

Шафа силова, пульт керування, захисні труби електропроводки, а також металеві частини електроустаткування, які можуть опинитись під напругою, повинні бути заземлені згідно з нормативами ПУЕ [26].

Бурякомийка, якою управляють з пульта керування, повинна бути забезпечена звуковою або світловою сигналізацією. На видному місці біля бурякомийки потрібно вивісити плакат з попереджувальним написом: «Обережно, вмикається автоматично!».

З бурякомийки буряки поступають на автоматичні ваги і бурякорізки за допомогою елеватора.

7.2.3 Елеватор

Шахти ковшових елеваторів повинні бути обшиті з усіх сторін вздовж їх довжини суцільним огородженням. Елеватори повинні бути обладнані храповими колесами із заскочками для запобігання зворотного ходу барабана. Елеватори повинні бути укомплектовані завантажувальними пристроями і уловлювачами для захоплення тягового елемента у випадку його обривання.

У привідній станції повинен бути пристрій для автоматичного відмикання

електроприводу у випадку обриву або різкого послаблення натяжної гілки ланцюга.

Елеватори повинні бути обладнані звуковою сигналізацією, яка випереджає їх пуск; вони повинні бути укомплектовані лише одним пусковим пристроєм. Для повертання елеватора від руки встановлюють привід через храпове колесо.

7.2.4 Бурякорізки

Відцентрові бурякорізки потрібно оснащувати поворотними ножовими рамами для регулювання підйому ножів, пристроями для піднімання заглушок і ножових рам. Бурякорізки повинні бути обладнані пристроєм, який забезпечує безпечне оснащення ножів. Для очищення бурякорізних ножів «на ходу» за допомогою продувки потрібно використовувати стиснене повітря під тиском (0,8 ... 1,0) МПа. Всі рухомі частини бурякорізок повинні мати жорстко закріплене суцільне огородження.

Підлога площадок бурякорізок повинна бути покрита рифленими гумовими ковриками. Очищення бурякорізки, вилучення сторонніх домішок потрібно проводити тільки після повної зупинки завитка і вимкненому електроприводі відповідно до вимог з техніки безпеки. На пусковому пристрої бурякорізки потрібно вивісити табличку: «Не вмикати! Працюють люди!».

На ділянці трубопроводу, що надає повітря, між запірним вентиляем і бурякорізкою потрібно установити манометр для контролю робочого тиску повітря.

Розміщення апаратури і органів управління на площадці бурякорізок повинно виключати можливість випадкового пуску електроустаткування.

Робоче місце різання буряків повинне бути обладнане припливно-витяжною вентиляцією, освітленням, комплектом інструментів і пристроїв, які використовують при розбиранні, набиранні, очищенні і установленні ножових рам, ванною з підведеною гарячою і холодною водою для обмивання ножових рам, милом, рушником і аптечкою.

7.2.5 Дифузійні установки

Організація і розробка процесів знецукрення стружки повинні виключати

розливання рідин, розсипання бурякової стружки і жому, тепло- і вологовиділення, а також виділення шкідливих речовин.

Посудини і мірники системи подачі формаліну повинні бути герметично закриті і розміщуватись в окремому приміщенні, обладнаному вентиляцією.

У приміщеннях, де розміщені дифузійні апарати, потрібно установити підйомні механізми вантажопідйомністю по масі самої важкої деталі апарату.

При аварійній зупинці нахилених дифузійних апаратів розвантаження бурякової стружки здійснюється методом розмивання її струменем води із шлангів і змивання в нижню частину апарату на штуцери гідравлічного розвантаження за допомогою жомовідвідних насосів вздовж всієї довжини апарату, починаючи з нижньої частини.

Корпус у нижній частині потрібно обладнати люками, які мають спеціальні ручки. В огороженнях приводу дифузійних апаратів нахилоного типу потрібно передбачити люки для огляду ланцюгів. Маслянки для змащення електроприводу потрібно відносити за межі редуктора.

7.2.6 Жомовідтискні преси

Преси повинні бути укомплектовані запобіжними пристроями, які забезпечують вимкнення електроприводу і припинення подачі жому при перевантаженнях електродвигуна. Кожухи пресів повинні виключати просочування та розливання рідини.

Завантажувальні воронки жомовідтисних пресів повинні мати оглядові скельця діаметром 0,15 м, які розміщені у місцях, що забезпечують безпечність нагляду під час завантаження.

7.2.7 Котельня ТЕЦ

Для нормальної і безаварійної роботи котелень і підтримання у відповідному стані котлоагрегату й газового обладнання необхідно дотримуватись правил техніки безпеки.

Велике значення має правильна організація робочих місць обслуговуючого персоналу: вони повинні бути добре освітлені; проходи перед фронтами котлів, між котлами і в усіх приміщеннях - вільні; електричні кабелі і проводи надійно

ізолювані, а корпуси електродвигунів і трансформаторів, рукоятки і кожухи пускових пристроїв - заземлені. В котельні повинна бути аптечка з усіма необхідними медикаментами.

На видних місцях вивішуються виробничі інструкції, режимні карти і плакати з техніки безпеки. Основні вимоги такі [25]:

- при роботі в котельні обслуговуючий персонал повинен бути в головних уборах і в акуратно заправленому робочому одязі, взуття - на низькому каблуку, гумовій підшві;
- обслуговуючий персонал повинен бути забезпечений засобами індивідуального захисту (гумові рукавиці, діелектричні килимки і боти та ін.);
- для пошуку місця витікання газу забороняється користуватися відкритим вогнем - необхідно користуватися мильним розчином;
- розпалювати газові горілки - тільки після вентиляції паливної камери;
- перед відкриттям люків котла необхідно пересвідчитись в тому, що в котлі немає тиску; для цього відкривають повітряний кран або продувний кран водорівневого скла;
- не можна підтягувати болти і гайки на працюючому обладнанні.

При обслуговуванні електрообладнання необхідно виконувати такі вимоги:

- слідкувати за тим, щоб освітлення котельні, особливо на манометрі, водопоказуючих приладах та ін. контрольно-вимірювальних приладах і пристроях автоматизації, було завжди справним;

- ремонт електрообладнання потрібно проводити тільки після повного його вимкнення; обов'язково вивішувати попереджувальний плакат: «Не вмикати! Працюють люди»; зняти його можна тільки після закінчення ремонту;

- при роботі в середині котла для його освітлення необхідно користуватися переносною електролампю з напругою не більше 12 В. Перед початком ремонту необхідно перевірити справність ізоляції електропроводки;

- все електрообладнання повинно бути заземлене.

При пожежі в котельні машиніст зобов'язаний викликати пожежну команду за телефоном 1-01, повідомити адміністрацію і приступити до гасіння вогню. При

цьому необхідно слідкувати за роботою котла і, якщо пожежа загрожує йому або газопроводам, відключити в аварійному порядку.

У відповідності з ДБН В.2.5-77:2014 «Котельні» в котельному приміщенні повинен бути протипожежний інвентар: ящик, щит із вогнегасниками, пожежними відрами, лопатами, багром і ломом, шланг для водопровідного крана. Вуглекислотні вогнегасники ВВК-1, ВВК-2, ВВК-3, ВВК-4 призначені для гасіння різних горючих матеріалів, в тому числі і таких, які не можна гасити водою або піною, а також електроустановок, які знаходяться під напругою.

7.3 Удосконалення механізмів державного управління у сфері цивільного захисту

Кодексом цивільного захисту України визначено [18], що цивільний захист - це функція держави, спрямована на захист населення, територій, навколишнього природного середовища та майна від надзвичайних ситуацій шляхом запобігання таким ситуаціям, ліквідації їх наслідків і надання допомоги постраждалим у мирний час та в особливий період.

Разом з тим, сучасний стан практичної діяльності органів державного управління та сил цивільного захисту щодо забезпечення захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій не задовольняє потребам суспільства і призвів до необхідності реформування системи Державної служби України з надзвичайних ситуацій. У зв'язку з цим нагально постала необхідність дослідження проблемних питань організаційного та структурного механізмів державного управління у цій сфері та визначення напрямів їх удосконалення.

Проблемні питання щодо сутності механізмів державного управління у сфері цивільного захисту досліджувалися науковцями у таких напрямках [24]:

- проведено дослідження організаційного механізму державного управління на етапі прийняття рішень керівника на оперативні дії підрозділів цивільного захисту;

- виділено та визначено клас державно-управлінських рішень, їх місце та роль у процесах державного управління; побудовано структурну модель механізму забезпечення ефективного державного управління та логічну схему

його функціонування;

– запропоновано концепцію формування механізму державного управління, що створює теоретичну основу для ефективного управління різними сферами життєдіяльності держави.

У той же час, вбачаються недостатньо дослідженими проблемні питання щодо функціонування організаційного та структурного механізмів державного управління у сфері цивільного захисту та визначенню напрямів їх удосконалення. Кодексом цивільного захисту України визначено [18, ст. 8], що забезпечення реалізації державної політики у сфері цивільного захисту здійснюється єдиною державною системою цивільного захисту (далі - ЄДСЦЗ). Ключовими завданнями ЄДСЦЗ є [18]:

– забезпечення готовності міністерств та інших центральних та місцевих органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування, підпорядкованих їм сил і засобів до дій, спрямованих на запобігання і реагування на надзвичайні ситуації;

– забезпечення реалізації заходів щодо запобігання виникненню надзвичайних ситуацій;

– оповіщення населення про загрозу та виникнення надзвичайних ситуацій, своєчасне та достовірне інформування про фактичну обстановку і вжиті заходи;

– захист населення у разі виникнення надзвичайних ситуацій;

– проведення рятувальних та інших невідкладних робіт щодо ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, організація життєзабезпечення постраждалого населення;

– інші заходи.

Кожне із зазначених завдань у свою чергу включає визначений перелік заходів, що здійснюються органами управління, силами цивільного захисту, іншими структурами, які залучаються до реагування на надзвичайні ситуації. Виконання згаданих заходів забезпечується функціонуванням механізмів державного управління у сфері цивільного захисту в цілому і структурного та організаційного механізмів, зокрема, тому що їх виконання організовується та проваджується органами державного управління центральних, регіональних та місцевих органів виконавчої влади у визначених структурах за відповідними

алгоритмами дій, що зазначено у керівних документах.

Однак, положення Кодексу, інших керівних документів, функції, завдання та структура ЄДСЦЗ з урахуванням проведення реформи як системи ДСНС, так і сектору безпеки і оборони в цілому, потребують доопрацювання та приведення до вимог європейських стандартів. При цьому, визначення ефективної структури системи управління є одним із найважливіших завдань, оскільки вона має враховувати всю складність зв'язків та специфіку взаємодії між різними об'єктами і суб'єктами управління, багатоманітність цілей, досягнення яких вона покликана забезпечувати [24].

Проведеними дослідженнями організаційного та структурного механізмів державного управління автор [4] обґрунтував нагальну потребу в побудові ефективних структур органів управління. При цьому, визначення ефективної структури системи управління є одним із найважливіших завдань, оскільки вона має враховувати всю складність зв'язків та специфіку взаємодії між різними об'єктами і суб'єктами управління, багатоманітність цілей, досягнення яких вона покликана забезпечувати. До того ж, організаційно-структурні елементи системи управління мають бути функціонально узгоджені, а їх кількість - об'єктивно зумовлена.

Таким чином, основні напрями вирішення проблемних питань щодо функціонування організаційного і структурного механізмів державного управління у сфері цивільного захисту такі:

- упорядкування структури різних ланок управління, уточнення їх функцій та повноважень з метою усунення громіздкості системи управління в цілому, забезпечення її керованості;

- побудова гнучких, адаптивних до різких змін структур систем управління, що підвищить ефективність виконання ними функцій та завдань за призначенням;

- впровадження структурно-організаційного алгоритму процесу реагування на надзвичайні ситуації та удосконалення механізму взаємодії між органами державного управління, органами місцевого самоврядування на державному, регіональному та місцевому рівнях.

8 ЕКОЛОГІЯ

8.1 Актуальність еколого–економічних проблем агропромислового комплексу

На сьогоднішній день відходи агропромислового комплексу не завжди знаходять застосування, хоч і є цінною сировиною. Тому й нагромаджуються на фермах мільйони тон органічних добрив. Стоки тваринницьких комплексів становлять подвійну небезпеку, оскільки викликають одночасно і хімічне, і біологічне забруднення мікроорганізмами. Причому, забруднюють вони як ґрунт безпосередньо, так і воду, і повітря. З однієї крупної свинарської ферми на 10 тис. тварин за 1 рік в повітря надходить до 60 кг пилу, 14 кг аміаку, 83 млрд мікроорганізмів [6].

Ще один вид відходів у сільському господарстві - це відходи виробництва, пов'язані з використанням сільськогосподарської техніки і тракторів, тобто - нафтопродукти. Основною причиною утворення цих відходів є заміна олів і мастил при технічному обслуговуванні й ремонті машин. Значна частка припадає і на нафтопродукти, які збираються внаслідок відстоювання з резервуарів нафтоскладів, а також баків автомашин і тракторів, що передбачено правилами їх технічного обслуговування.

Сільськогосподарська продукція, як правило, містить у собі дуже велику кількість різних компонентів, а переробна промисловість традиційно орієнтована на одержання з неї лише основного продукту: цукру - з цукрових буряків, крохмалю - з картоплі і зерна, олії - з олійних культур тощо.

При цьому, обсяг перероблюваної сировини в кілька разів перевищує вихід готової продукції. Так, на 1 т цукру–піску витрачається близько 8 т цукрових буряків, на 1 т спирту–сирцю потрібно 11 т картоплі або 3,5 т зерна, на 1 т сухого крохмалю потрібно 9 т картоплі або близько 2 т кукурудзи, для одержання 1 т рослинної соняшникової олії потрібно переробити екстракційним способом близько 2 т і пресовим - 2,2 т насіння соняшника. В середньому вихід готової продукції становить (10 ... 30)% маси перероблюваної сільськогосподарської сировини. Решта переходить у відходи і побічні продукти [12].

Питання ресурсозбереження, запровадження безвідходних технологій переробки сільськогосподарської сировини є найвужчим місцем переробної промисловості АПК. Відходи і побічні продукти виробництва й переробки сільськогосподарської продукції є величезним резервом ресурсозбереження, який поки що використовується вкрай недостатньо. Нераціональне використання вихідної сировини, її біомаса, на одержання якої вже було витрачено значну кількість суспільної праці, знижують ефективність функціонування АПК. Крім того, відходи виробництва, потрапляючи в природне середовище, забруднюють його, що в кінцевому підсумку знижує ефективність не лише АПК, а й всього суспільного виробництва через значні екологічні збитки. Невикористані відходи означають скорочення не лише сучасної, а й майбутньої ресурсозабезпеченості суспільства, необхідність додаткових витрат суспільної праці на розвиток сировинної бази переробної промисловості. Очевидно, що розвиток АПК досяг межі, за якою є неминучою безвідходна переробка сільськогосподарської сировини на основі комплексного використання її біомаси і технологічних відходів.

Стічні води підприємств, що переробляють рослинну сировину, характеризуються високим ступенем забрудненості. Великі їх об'єми становлять значну небезпеку для навколишнього середовища. Причому самі по собі стічні води харчової промисловості не є токсичними, але, потрапляючи в озера, ставки і ріки, вони швидко виснажують запаси кисню, що викликає загибель мешканців цих водойм. Органічні речовини стічних вод підприємств харчової промисловості швидко піддаються бродінню і гниттю.

Відсутність необхідних економічних стимулів, що могли б спонукати підприємства з переробки сільськогосподарської сировини до екологічного вдосконалення виробництва, призводить до того, що природоохоронна робота в галузі здійснюється стихійно, в основному під тиском директивних вказівок, що є не найкращим засобом досягнення природоохоронних цілей. Навіть підприємства з однаковою технічною осначеністю по-різному реалізують можливості екологічного вдосконалення виробництва [12].

Тому, переозброєння галузі на основі прогресивної екологічно чистої технології в умовах розширення економічних методів господарювання може бути

здійснене лише в тому випадку, коли процес екологічного вдосконалення виробництва буде пов'язаний з відповідною системою економічного стимулювання безвідходної переробки сільськогосподарської сировини. Для цього доцільно використати такі економічні важелі, як ціноутворення на природно–сировинні ресурси, ввести в практику господарської діяльності економічні нормативи тривалого користування, що встановлюють взаємозв'язок між збитками від забруднення, завданими навколишньому середовищу, госпрозрахунковим доходом підприємств і фондами матеріального стимулювання.

Для додержання екологічних вимог при використанні природних ресурсів підприємства повинні впроваджувати [6]:

- нові маловідходні, енерго - і ресурсозберігаючі технології;
- заходи щодо бережливого використання води, земельних ділянок, палива;
- заходи щодо хімічного й біологічного очищення води, які забезпечують захист навколишнього природного середовища та безпеку здоров'я населення;
- вентиляційні та газоочисні установки, які забезпечують ГДК шкідливих викидів в атмосферу;
- очисне обладнання та пристосування для утилізації забруднених речовин і переробки відходів;
- прилади для контролю за кількістю та складом забруднюючих речовин і характеристиками шкідливих факторів.

8.2 Еколого–економічні аспекти виробництва біопалива як чинника енергозбереження

З огляду на вичерпність природних запасів нафти однією із найбільш доступних альтернатив традиційному паливу є рідке біологічне паливо, джерело сконцентрованої енергії. Найефективнішими серед його різновидів є біодизель (90% енергії нафтових палив), етанол (60%) та метанол (35%). З них, найбільш економічним для виробництва та цілком сумісним з двигунами транспортних

засобів та комерційними паливними системами є біопаливо. За технологічними схемами отримання біопаливо поділяється на три групи: першого, другого та третього поколінь [11].

Біопаливо першого покоління потребує значної кількості орних земель або переведення частки харчових продуктів рослинництва в сировину, що призводить до серйозної нестачі продовольства. Так, для виробництва енергокультур у 2008 році було використано 2% загального світового фонду орних земель, що дорівнює 36 млн. га. Тому, виробництво біопалива першого типу створює глобальний ринок сільськогосподарської продукції.

Біопаливо другого покоління виробляється з біомаси (нехарчові частини рослин, нехарчові рослини та виробниче сміття). Вже сьогодні, на території більшості країн Євросоюзу діє заборона складуванню відходів з калорійністю більше 6 МДж/кг, оскільки вони можуть бути сировиною для альтернативних видів палива і утилізуватися термічно.

На біопаливо третього покоління покладені найбільші надії науковців. Біопаливо із водоростей забезпечить виробництво екологічно чистого бензину без використання сільськогосподарських земель та без застосування прісної води, мінеральних добрив й засобів захисту рослин із стабільною продуктивністю до 100 т/га на рік [11]. Паливо із життєдіяльності спеціальних бактерій (геномодифіковані організми, що здатні споживати рослинні рештки, виробляючи насичені вуглеводні (алкани), які є основою бензину) при масовому виробництві може стати гідною заміною бензину, вартість якого не перевищуватиме 50 доларів за барель.

На основі наукових досліджень було виявлено, що біопаливо, в залежності від багатьох чинників, може здійснювати як негативний, так і позитивний вплив на навколишнє середовище.

Так, вирощування цукрового очерету в центральних регіонах Бразилії для виробництва етанолу спричинило локальне охолодження на $0,93^{\circ}\text{C}$. Дане регіональне охолодження зменшило вплив підвищеної продуктивності сільського господарства при землекористуванні в посушливих регіонах. При цьому, використання макухи при виробництві етанолу з цукрової тростини забезпечує електроенергією сам процес виробництва.

Виробництво біопалива з пальмової олії може зменшити шкідливі викиди на 80%, проте, якщо виробництво спричинить вирубку тропічних лісів, то парниковий ефект зросте на 800% і більше, а якщо для виробництва будуть знищуватись торф'яні ліси, - то на 2000% у порівнянні з викопними видами палива.

Використання біоетанолу з кукурудзи може зменшити до 60% викиди вуглекислого газу. Але якщо при виробництві та переробці даного виду палива використовуватимуться викопні види палива, то викиди парникових газів збільшаться до 5% [11].

Основою екологічної стратегії країн світу є підтримка технологічно-інноваційної діяльності; фінансуються розробка проектів та дослідження у сфері екології та охороні здоров'я. Посилення вимог екологічних стандартів та зростання ціни пального спонукають індустрію розвинутих країн переорієнтовуватись на інноваційно-економічний режим виробництва. А отже, новітні екологічні стратегії призводять до кардинальних змін, реформування та реструктурування національних виробництв.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

В дипломній роботі розроблені заходи щодо підвищення енергоефективності буряко-цукрового виробництва підприємства ПП «Європацукор» для забезпечення надійності постачання електроенергії та підтримання її рівня якості.

Отримані такі результати:

1. Проаналізована можливість глибокої переробки буряка із залученням супутніх енергоємних продуктів та відходів до технологічного циклу одержання біоетанолу чи біогазу.

2. Проведено дослідження математичних моделей безвідходності переробки енергоємних сільськогосподарських культур з позитивним впливом на довкілля.

3. Проаналізована модель прогнозування валового збору визначального для регіону набору сільськогосподарських культур в залежності від погодних умов, стану ґрунтів, сортності насіннєвого матеріалу та ін.

4. Проведено дослідження математичної моделі залучення енергоємного відходу буряко–цукрового виробництва до калькуляції витрат підприємства на його підготування

5. Досліджена практична можливість поєднання в одній електромережі когенераційної установки, що генерує для технологічного устаткування цукроваріння електроенергію та гарячу воду, із зовнішньою системою електропостачання.

6. Розроблені заходи щодо модернізації системи електропостачання технологічного устаткування буряко–цукроварного виробництва на новітній апаратній базі для забезпечення нормативних показників якості електроенергії.

7. Проведений розрахунок та вибір установок компенсації реактивної потужності. Основна кількість реактивної потужності скомпенсовується однією установкою на стороні 0,4 кВ, а залишок - іншою установкою на стороні 10 кВ.

8. Проведений розрахунок струмів короткого замикання в мережі вищої напруги 10 кВ та максимальних струмів кіл навантаження силового трансформатора в мережі 0,4 кВ. Аналіз розрахунків підтвердив, що автоматичні вимикачі вибраного типу на всіх рівнях досліджуваної електромережі витримують дію ударних струмів к. з.

9. Проведений розрахунок і вибір високовольтного і низьковольтного електрообладнання на підстанції електроживлення технологічних установок даного виробництва. Перевірена термічна стійкість кабельної лінії, що живить електрообладнання виробничого комплексу від трансформаторної підстанції.

10. Проведений вибір схеми електропостачання розподільних пристроїв даного виробництва. На основі розрахунку електричних навантажень електроприймачів здійснено вибір центру живлення.

11. Проведений розрахунок освітлювальної мережі виробничих потужностей підприємства. Світильники внутрішньої установки вибрані з напрямленим світловим потоком на робочі поверхні та з класом захисту IP 34.

12. Проведений розрахунок режимів роботи та вибір комутаційної апаратури схеми живлення електроприймачів виробництва, а також високовольтних кабелів схеми живлення трансформаторної підстанції.

Модернізована система електропостачання буряко–цукрового виробництва

підприємства ПП «Європацукор» відповідає усім вимогам щодо надійності та забезпечення безпеки персоналу й екології довкілля.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Андрійчук В. Г. Економіка аграрного підприємства : навч.-метод. посіб. для самост. вивч. дисц. - К. : Вид-во КНЕУ, 2000. - 356 с.
2. Бабич А. О. Світові земельні, продовольчі і кормові ресурси. - К. : Аграрна наука, 1996. – 570 с.
3. Батлук В. А. Охорона праці. Підручник / В. А. Батлук, М. П. Кулик, Р. А. Яцюк. – Львів : Вид-цтво НУ «Львівська політехніка», 2009, 360 с.
4. Боделан В. Р. Організаційно-функціональні структури: особливості впливу чинників їх побудови на ефективність функціонування організаційного механізму державного управління // Публічне управління: теорія та практика. - Х. : - 2013. - Вип. 3. - С. 53–59.
5. Бойчик І. М. Економіка підприємства. Навч. посіб. – Вид. 2-е, доп. і перероб. – К. : Атіка, 2007. – 528 с.
6. Бойчук Ю. Д. Екологія і охорона навколишнього середовища. Навч. посібн. / Ю Д. Бойчук, Е. М. Солошенко, О. В. Бугай. – Суми : Університетська книга, 2012. – 284 с.
7. Бондар В. С. Цукрові буряки як відновлювальне джерело біоенергетики // Вісник цукровиків України. - 2014. - №1 (92), Ч. 1. - С. 22–25; №2 (93), Ч. 2. - С. 15–19.
8. Борисюк П. Г. Стан і завдання бурякоцукрової галузі України // Цукор України. - 2003. - №4. - С. 2–4.
9. Визначення економічної ефективності капітальних вкладень в енергетику. Методика. Енергосистеми і електричні мережі : ГКД 340.000.002–97. – Офіц. вид. – К. : Міненерго України, 1997. – 52 с. – (Галузевий керівний документ).
10. Гальчинська Ю. М. Особливості ціноутворення на побічну продукцію переробки цукрових буряків з урахуванням виробництва біостанолу / Ю. М. Гальчинська, А. Малак–Равліковська // Молодий вчений. - 2015. - №12

(27), Ч. 1. - 142–145.

11. Гуцаленко О. О. Еколого–економічні аспекти виробництва біопалива в контексті енергозберігаючої політики держави / О. О. Гуцаленко, Т. М. Корпанюк // Наук. праці Ін-ту біоенергетичних культур і цукрових буряків : зб. наук. пр. - 2014. - Вип. 19. - С. 174–181.
12. Джигирей В. С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища : Навч. посібн. – Вид. 2-е. – К. : Знання, 2002. – 203 с.
13. Доронін А. В. Ефективність виробництва цукрових буряків та цукру в Україні // Сталий розвиток економіки. Економіка та управління національним господарством. - 2013. - №3 (20). - С. 51–55.
14. Євдін О. М. Захист населення і територій від надзвичайних ситуацій. Т. 1. Техногенна та природна небезпека. Посібник / За заг. ред. В. В. Могильниченка. – К. : КІМ, 2007. – 636 с.
15. Катеринич М. Б. Аналіз та оцінка інвестиційних проектів // Економічна наука. Інвестиції: практика та досвід. – 2007. - №16. – С. 11–17.
16. Кернасюк Ю. В. Прогноз розвитку аграрного сектору і економіки Кіровоградської області в умовах зміни клімату // Наук. праці Кіровоград. нац. техн. ун-ту. Економічні науки : зб. наук. пр. - 2017. - Вип. 31. - С. 245–255.
17. Кнорринг Г. М. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Г. М. Кнорринг, И. М. Фадин, В. Н. Сидоров. – С.-Петербург : Энергоатомиздат, 1992. – 448 с.
18. Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>.
19. Костенко Т. Аналіз інноваційного розвитку підприємств цукрової галузі // Вісник Київ. нац. ун-ту. Економіка. - 2014. - №5 (158). - С. 63–68.
20. Костик Л. М. Підвищення ефективності використання відходів сільськогосподарських культур / Л. М. Костик, О. О. Вакуленко, С. В. Коваль // Матеріали VIII МНТК молодих учених та студентів ТНТУ «Актуальні задачі сучасних технологій» (27–28 листопада 2019 р., Тернопіль) : Зб. тез доп. Т. 3. – Тернопіль, 2019. – С. 22–23.
21. Маслікевич М. Р. Сутність оцінки енергоефективності підприємства / М. Р. Маслікевич, Б. М. Сердюк // Актуальні проблеми економіки та

- управління. – 2011. – Вип. 5. – С. 110–114.
22. Найда А. В. Управління інноваційним розвитком цукробурякового виробництва / А. В. Найда та ін. ; за ред. М. П. Сахацького. - Одеса : ТОВ «Лерадрук», 2013. - 220 с.
 23. Охрана труда в электроустановках: Учебн. для вузов / Под ред. Б. А. Князевского. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 336 с.
 24. Потеряйко С. П. Заходи щодо удосконалення функціонування механізмів державного управління у сфері цивільного захисту // Матеріали 20-ї ВВПК «Сучасний стан цивільного захисту України та перспективи розвитку» (9–10 жовтня 2018 р., м. Київ) : Зб. тез доп. – К., 2018. – С. 367–370.
 25. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів : ДНАОП 0.00-1.21-1998 / Вид. офіційне. Мінпраці України. – К. : Офіційний вісник України, 12.03.1998. - №8. – С. 394.
 26. Правила улаштування електроустановок / Вид. офіційне. Міненерговугілля України. – Харків : Вид-во «Форт», 2017. – 760 с.
 27. Притула Н. М. Сучасний стан та актуальні проблеми розвитку інвестиційної політики в АПК // Держава та регіони. Серія: Економіка та підприємництво. – 2009. – № 6. – С. 175–180.
 28. Проектирование кабельных сетей и проводок / Под ред. Г. Е. Хромченко. – М. : Энергия, 1980.– 230 с.
 29. Прокопенко В. А. Особливості економічного ефекту інвестицій у розвиток локальних електричних мереж // Економічна наука. Інвестиції: практика та досвід. – 2016. - №17. – С. 38–44.
 30. Ресульєва Н. Ш. Перспективи використання відходів рослинництва для вироблення біоенергії в Україні // Економіка: реалії часу. Актуальні проблеми секторальної економіки. - 2015. - №4 (20). - С. 179–185.
 31. Рожкова Л. Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций: Учебн. для сред. проф. образов. / Л. Д. Рожкова, Л. К. Карнеева, Т. В. Чиркова – М. : Изд. центр «Академия», 2004. – 448с.
 32. Роїк М. В. Біоенергетика в Україні: стан та перспективи розвитку / М. В. Роїк, В. Л. Курило та ін. // Біоенергетика. – 2013. – №1. – С. 5–10.

33. Роїк М. В. Концепція виробництва біогазу з біоенергетичних рослин в Україні / М. В. Роїк, О. М. Ганженко, В. П. Тимощук // Біоенергетика. - 2014. - №2. - С. 6–8.
34. Сапронов А. Р. Технология сахарного производства. – М. : Колос, 1998. – 495 с.
35. Севастьянов Р. В. Енергоефективність промислових підприємств України та бар'єри з її впровадження / Р. В. Севастьянов, Я. Ю. Калітіна // Екон. вісник Запорізької держ. інж. акад. - 2016. - Вип. 1. - С. 28-35. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/evzdia_2016_1_6.
36. Сергеев Н. Н. Оценка факторов, влияющих на энергетическую эффективность промышленных предприятий // Вестник Удмуртского ун-та. Экономика и право. – 2013. – Вип. 2. – С. 94-99.
37. Справочник по проектированию электроснабжения, линий электропередачи и сетей / Я. М. Большам, В. И. Крупович. Под ред. М. Л. Самовера. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : Энергия, 1974. – 696 с., ил.
38. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. Промышленные электрические сети / Под общ. ред. А. А. Федорова и Г. В. Сербиновского. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : Энергия, 1980. – 576 с.
39. Федоров А. А. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий / А. А. Федоров, Л. Е. Старкова. – М: Энергоатомиздат, 1987. – 368 с.
40. Чернецька Ю. В. Система моніторингу технічного стану розподільчих електричних мереж / Ю. В. Чернецька, А. І. Замулко // Енергозбереження. Енергетика. Енергоаудит. – 2011. - №9 (91). – С. 28–37.