

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ  
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
ТА ЕЛЕКТРОІНЖЕНЕРІЇ  
КАФЕДРА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

**КОВАЛЬ СЕРГІЙ ВІКТОРОВИЧ**

УДК 621.311.25 : 620.952 : 338.43

**РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ  
ПІДПРИЄМСТВА З ТЕХНОЛОГІЄЮ ЦУКРОВАРІННЯ**

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

**Автореферат**

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль  
2019

Роботу виконано на кафедрі електричної інженерії Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя міністерства освіти і науки України.

**Керівник роботи:** кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри електричної інженерії  
**Костик Любов Миколаївна**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

**Рецензент:** кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизації технологічних процесів і виробництв  
**Козак Катерина Миколаївна**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 24 грудня 2019 року о 9<sup>00</sup> годині на засіданні екзаменаційної комісії №39 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46018, м. Тернопіль, вул. Микулинецька, 46, навчальний корпус №7, ауд. 310.

## ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РОБОТИ

**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.

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)%.

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.

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.

Інтенсивний розвиток галузі буряківництва з можливістю генерації електричної енергії внаслідок переробки біогазу неможливий без технічного переоснащення локальних електромереж на основі сучасних комп'ютерних технологій. При цьому, економічний ефект інвестицій у розвиток локальних електричних мереж 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.

Таким чином, залишається актуальною тематика аналізу проблем забезпечення ефективного функціонування підприємства 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 ефективності 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.

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

Загальний обсяг текстової частини - 133 стор., 18 табл., 15 рис.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** подано загальну характеристику роботи та визначені задачі дослідження.

У **першому розділі «Аналітична частина»** проведено стислий аналіз проблематики розвитку цукропереробного виробництва в Україні, описані особливості технологічного процесу виробництва цукру–піску. Поданий огляд заходів з модернізації технологічного процесу виробництва цукру на прикладі ПП «Європацукор». Проаналізовані перспективи інноваційного розвитку цукрової галузі, які полягають в укрупненні та модернізації діючих підприємств на основі залучення до технологічного циклу супутніх продуктів і відходів власного виробництва.

У **другому розділі «Науково-дослідна частина»** проведено дослідження факторів, що впливають на енергетичну ефективність підприємств відповідно до їх рангової значущості. Досліджена модель прогнозування валового збору сільськогосподарських культур, в тому числі й цукрового буряка, що визначають економічні показники певного регіону, а також модель калькуляції витрат на підготування відходів цукровиробництва до подальшого використання.

У **третьому розділі «Технологічна частина»** здійснено вибір схеми електропостачання основних ділянок - дифузії й сокоочищення та продуктової буряко–цукрового виробництва. Проведений розрахунок електричних навантажень та їх центрів, освітлення виробничої площі, потужності розподільних пристроїв та навантаження центру живлення; вибір марки і перерізу струмовідних частин та захисної апаратури електромережі, а також

компенсуючих пристроїв реактивної потужності.

У четвертому розділі «Проектно-конструкторська частина» проведений розрахунок кабельно-провідникової продукції, максимальних струмів кіл навантаження центрів живлення. Здійснений вибір захисної апаратури електромережі підприємства та основного електрообладнання підстанції і низьковольтної мережі, а також релейного захисту трансформаторів підстанції; перевірені струмовідні частини на термічну стійкість.

У п'ятому розділі «Спеціальна частина» проаналізована концепція виробництва біогазу з біоенергетичних рослин в Україні. Досліджена модель оптимізації безвідходної технології виробництва цукру з позитивним впливом на довкілля. Досліджені показники ефективності комплексної переробки відходів цукрового виробництва.

У шостому розділі «Обґрунтування економічної ефективності» обґрунтована необхідність інновацій в буряко-цукровій галузі України, а також досліджена модель ціноутворення на вторинну сировину цукрової галузі.

У сьомому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» проведений аналіз заходів з електробезпеки на цукроварні, а також розроблені заходи з охорони праці. Досліджені проблеми удосконалення механізмів державного управління у сфері цивільного захисту.

У восьмому розділі «Екологія» проведений аналіз актуальності еколого-економічних проблем агропромислового комплексу, а також виробництва біопалива як чинника енергозбереження.

## ВИСНОВКИ

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 насінневого 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.

### **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ**

1. 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.

### **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. - 133; 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 - 133; Illustrations - 15; Tables - 18; Drawings - 6; Sources - 40; Applications -.

In this 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.



