

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до кваліфікаційної роботи
ступеня вищої освіти «Бакалавр»
на тему:

**Обґрунтування технології утилізації відходів
олійного виробництва**

Виконав: здобувач вищої освіти 5 курсу,
групи ХТСз-1-21 освітньо-професійної
програми «Харчові технології»
зі спеціальності 181 «Харчові технології»

_____ Микола КАЛЮЖНИЙ

Керівник: _____ Олег Тертишний

Рецензент: _____

Дніпро 2024

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Освітньо-професійна програма: «Харчові технології»

Спеціальність: 181 Харчові технології

Затверджую:

В.о. завідувача кафедри харчових технологій

к.т.н., доцент _____ Віталій КОШУЛЬКО

« _____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Калюжному Миколі Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Обґрунтування технології утилізації відходів олійного виробництва», керівник роботи Тертишний Олег Олександрович, к.т.н., доцент – затверджені наказом ректора від «06» травня 2024 р. №982.

2. Термін здачі закінченої роботи: «07» червня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: загальні відомості про об'єкт досліджень (ТОВ Потоки); нормативна, довідникова, наукова документація і література.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки: 1. Огляд літературних джерел за темою досліджень; 2. Матеріали та методи досліджень; 3. Результати дослідження і їх аналіз; 4. Організаційно-економічна частина; 5. Охорона праці та захист довкілля; Загальні висновки; бібліографія.

5. Перелік демонстраційного матеріалу: презентація згідно змісту кваліфікаційної роботи у програмному середовищі Microsoft PowerPoint.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з. п.	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	1. Огляд літературних джерел за темою досліджень	07.05-17.05.2024	
2	2. Матеріали та методи досліджень	20.05-22.05.2024	
3	3. Результати дослідження та їх аналіз	23.05-28.05.2024	
4	4. Організаційно-економічна частина	29.05-31.05.2024	
5	5. Охорона праці та захист довкілля	03.06-05.06.2024	
6	Вступ, висновки, бібліографія, підготовка презентації	06.06-07.06.2024	

Дата видачі завдання: 07 травня 2024 р.

Здобувач вищої освіти _____ (Микола КАЛЮЖНИЙ)
(підпис)

Керівник роботи _____ (Олег ТЕРТИШНИЙ)
(підпис)

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	5
ВСТУП.....	6
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	8
1.1. Основні поняття про маловідходні та безвідходні технології в олійножировій промисловості.....	8
1.2. Загальна характеристика вторинних сировинних ресурсів і відходів виробництва олії соняшникової.....	11
1.3. Перспективи використання відходів переробки соняшнику як альтернативного джерела отримання енергії в Україні.....	14
Висновки за розділом 1	18
2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	20
2.1. Загальна характеристика підприємства – об’єкту досліджень.....	20
2.2. Методи досліджень.....	22
Висновки за розділом 2	26
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ АНАЛІЗ.....	28
3.1. Розрахунок потреби та визначення параметрів роботи когенераційної установки.....	28
3.2. Обґрунтування вибору та конструкція когенераційної установки..	33
Висновки за розділом 3	34
4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	36
4.1. Розрахунок економічної ефективності впровадження результатів досліджень.....	36
Висновки за розділом 4	40
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ.....	42
5.1. Загальні відомості про норми з техніки безпеки та охорони праці під час експлуатації когенераційної установки.....	42
5.2. Електробезпека та блискавкозахист когенераційної установки.....	48
5.3. Охорона навколишнього природного середовища.....	49
Висновки за розділом 5	51
ВИСНОВКИ.....	52
БІБЛІОГРАФІЯ.....	55

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної дипломної роботи містить 57 сторінок, 15 рисунків, 12 таблиць та 20 літературних джерела. Загальна структура роботи складається з 5 основних розділів.

Метою досліджень є обґрунтування технології утилізації відходів олійного виробництва у ТОВ «Потоки» в енергетичних цілях.

Для досягнення мети було поставлено та вирішено наступні основні завдання:

- аналізу світового та вітчизняного досвіду, сучасних способів та технологічних рішень щодо утилізації відходів олійного виробництва з соняшнику;
- дослідження кількісного та якісного складу відходів соняшнику на підприємстві з оцінкою їх енергетичного потенціалу;
- обґрунтування технології утилізації відходів переробки соняшника для вироблення енергії;
- оцінка ефективності процесу, заходи з охорони праці та техніки безпеки

Об'єктом дослідження виступає процес утилізації відходів соняшнику в умовах олійного виробництва.

Предметом дослідження є обґрунтування параметрів та технології утилізації відходів як альтернативного джерела отримання енергії.

Ключові слова: ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ, СОНЯШНИК, ВИРОБНИЦТВО, ВІДХОДИ, УТИЛІЗАЦІЇ, ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ, ЕФЕКТИВНІСТЬ.

ВСТУП

Сучасний розвиток харчової промисловості та збільшення виробничої потужності підприємств у цій галузі, застосування інноваційних технологій та ін., неминуче призводить до підвищеного навантаження (забруднення) на різні компоненти навколишнього середовища (НС). У зв'язку з цим, комплексне вирішення проблем збалансованого розвитку економіки та поліпшення стану НС – є основною державної стратегії України з охорони довкілля та забезпечення сталого розвитку.

Одними з основних напрямків діяльності держави щодо забезпечення екологічно безпечного сталого розвитку економіки України визнані [1-3]: екологічно безпечний розвиток сільського господарства; невиснажливе використання відновлюваних природних ресурсів; раціональне використання невідновлюваних природних ресурсів; розширене використання вторинних ресурсів, утилізація, знешкодження та захоронення відходів.

В числі основних напрямів забезпечення здорового середовища існування та життєзабезпечення людини передбачаються: поліпшення якості продуктів харчування; доступ та забезпечення населення якісною питною водою; запобігання забруднення атмосферного повітря, водних об'єктів та ґрунтового покриву.

Це повною мірою відноситься до харчової та переробної промисловості, яка є однією зі стратегічних галузей. В умовах війни харчова промисловість покликана забезпечити стійке постачання населення необхідними якісними продуктами харчування з дотриманням екологічних норм як самого виробництва, так і процесу утилізації відходів.

Вирішення цього питання полягає у необхідності підвищення рівня екологізації виробництв, а саме, у розробці та впровадженні маловодних, безстічних і безвідходних технологічних процесів, замкнених по відношенню до навколишнього середовища [1, 2].

Маловідходні і безвідходні технології (МВТ і БВТ) [1-3] дозволяють, з одного боку, максимально і комплексно вилучати всі цінні компоненти сировини, перетворюючи їх у корисні продукти, а з іншого – виключати або зменшувати шкоду, що наноситься різним компонентам довкілля. В даний час переведення виробництва на замкнуті технологічні цикли розглядається як один з ключових напрямків у вирішенні питань раціонального природокористування. Вимоги сучасності обґрунтовують необхідність створення і впровадження у виробництво технологій з низькою енерго-, ресурсо- і капіталоемністю. Дотримання цих принципів дозволяє, також, мінімізувати ризики пов'язані з сучасними військовими діями.

Технологічні процеси виробництва, які на сьогодні застосовуються в Україні в більшості своїй є багатовідходними. Наприклад, обсяги утворення відходів, що є потенційною вторинною сировиною (ВС), щорічно становлять близько 3 млрд т. Нажаль, але у галузях харчової та переробної промисловостей досить повільно використовується накопичений вітчизняний та зарубіжний досвід з утилізації відходів. Капітальні вкладення в розвиток потужностей з переробки відходів мінімальні [2].

Надзвичайною проблемою сьогодення є значні пошкодження енергосистеми [4] та високі ризики зупинки підприємств харчової промисловості через відсутність енергії (електричної, теплової). У зв'язку з цим, *об'єктом* нашого дослідження обрано процес утилізації відходів олійного виробництва на підприємстві ТОВ «Потоки». *Предметом* дослідження є обґрунтування параметрів та технології утилізації відходів як альтернативного джерела отримання енергії.

1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Основні поняття про маловідходні та безвідходні технології в олійножировій промисловості

Згідно визначень [1-3] маловідходна технологія є проміжною стадією при створенні безвідходного виробництва. При маловідходному виробництві шкідливий вплив на компоненти довкілля не перевищує допустимого рівня, але з технічних, економічних, організаційних чи інших причин частина сировини переходить у відходи. У масложировій промисловості найбільш перспективними є такі напрями (рис. 1.1). Згідно наведеної схеми саме четвертий напрям є ключовим елементом нашого дослідження.



Рисунок 1.1 – Перспективні напрями розвитку МВТ масложировій промисловості [2]

За дослідженнями багатьох авторів економічне стимулювання раціонального використання вторинних сировинних ресурсів (ВСР) і відходів та створення мало- і безвідходних екофільних технологій повинно здійснюватися за рахунок таких заходів (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Заходи для економічного стимулювання раціонального використання ВСР

Під час переробки насіння олійних культур і виробництва рослинної олії утворюються наступні ВСР, побічні продукти і відходи: соняшникове лушпиння, макуха, шрот, фосфатні концентрати, соапсточні жири, погони дезодорації, відпрацьований фільтрувальний порошок і каталізатор, содові розчини, гудрон, стічні води [1-3]. Класифікація відходів за джерелами утворення ВСР наведено на рисунку 1.3.

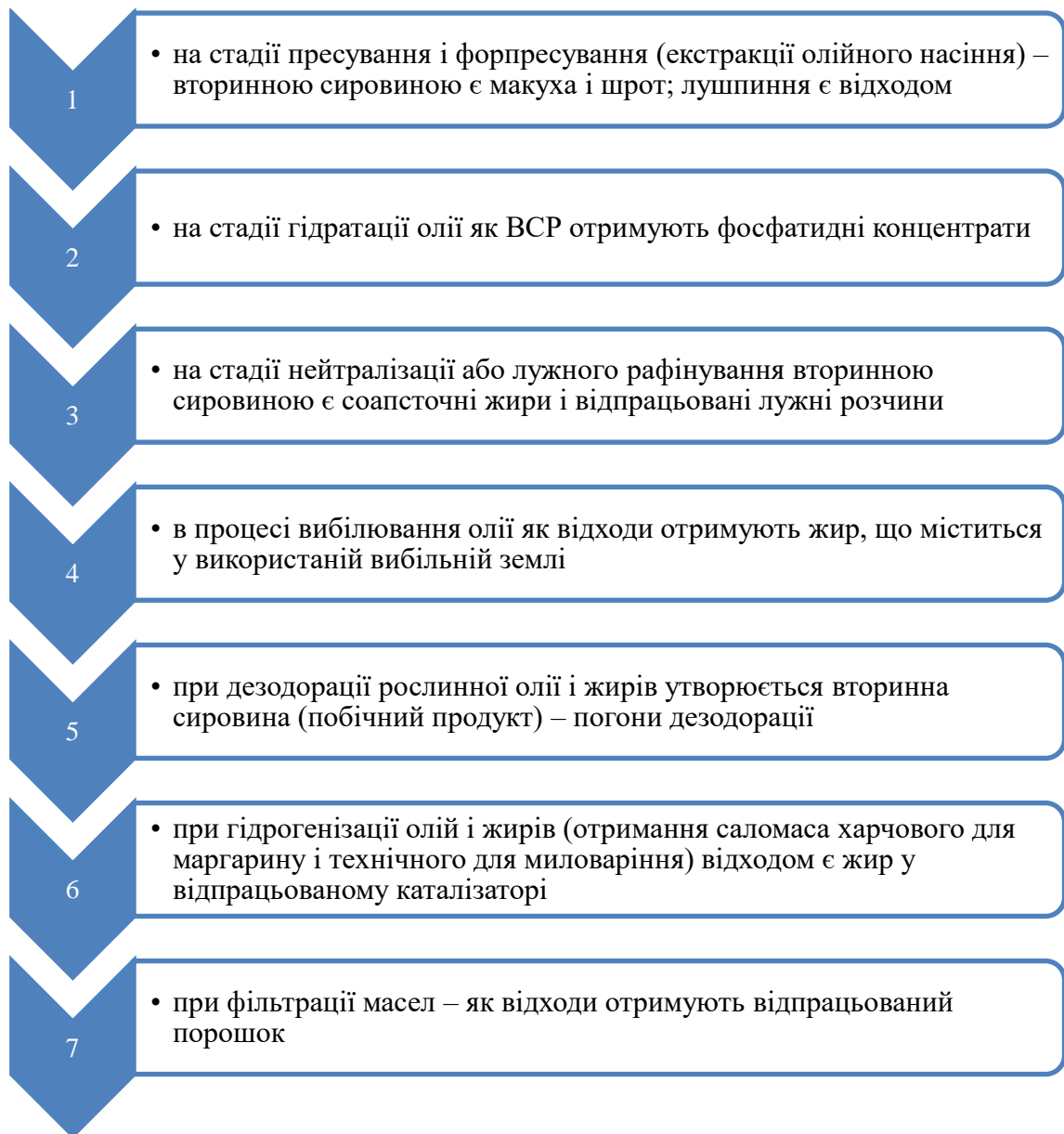


Рисунок 1.3 – Класифікація відходів олієекстракційних заводів за джерелами утворення ВСР [2]

За ступенем використання ВСР і відходи підрозділяють на такі, що використовуються та такі, що не можуть бути використані. До тих, які використовуються відносяться: соняшникове лушпиння, макуха, шрот, фосфатидні концентрати, вибільна земля, погони дезодорації, гудрони. До тих, що практично не використовуються відносяться: відпрацьовані каталізатори, лужні розчини, фільтрувальні порошки. За обсягами утворення ВСР олійножирової галузі поділяються на багатотоннажні і малотоннажні. До багатотоннажних відносяться саме лушпиння, макуха та шрот [2].

1.2. Загальна характеристика вторинних сировинних ресурсів і відходів виробництва олії соняшникової

Шрот і макуха. В процесі технологічного виробництва олійність соняшникової макухи складає ~5-7%, шроту соняшникового ~1-1,5%. Хімічний склад макухи і шроту, які отримуються в процесі переробки насіння соняшнику, наведено в таблиці 1.1. Основним напрямом використання шроту і макухи є вживання їх в раціонах годування сільськогосподарських тварин. В основному їх застосовують у комбікормовій промисловості. З метою отримання макухи та шроту як компоненту комбікорму поширюється практика переробки олійних культур з передачею олії пресової чи екстрагованої на подальшу переробку чи реалізацію стороннім виробникам. Кормова цінність 1 кг шроту соняшникового при вмісті в ньому 41% і більше протеїну складає 1,02 к.о., макухи соняшникової – 1,13 к.о. Зростанню внутрішнього споживання шроту і макухи обумовлено збільшенням поголів'я свиней і підвищення прибутковості птахівництва.

Таблиця 1.1
Хімічний склад соняшникової макухи і шроту %

Показник	Соняшник	
	<i>шрот</i>	<i>макуха</i>
Нітроген	7-8,8	7-8,0
Сирий протеїн (N·6,25)	44-55	44-50
Сирий жир	0,6-1,5	5,2-7,8
Вуглеводи:		
низькомолекулярні	-	7,5-10,2
клітковина	13,8-19,4	9,6-11,0
Фосфор, загальний (P2O5)	2,4-2,9	2,2-2,7
Безнітрогенні екстрактивні речовини	22,8-38,1	22,9-25,7
Зола, загальна	5,5-7,7	6,2-6,8

Соняшникове лушпиння. Як і кількість виробленого шроту і макухи, обсяг одержуваного лушпиння залежить від кількості переробленого насіння,

його лушпинистості, лушпинистості форпресових і експелерних макух і шротів, стану рушійно-віючих відділень олійножирових підприємств. Окремі дані, що характеризують якість соняшникового лушпиння і соєвої оболонки, наведені в табл. 1.2 [2].

Таблиця 1.2

Характеристика якості соняшникового лушпиння

Показник	Сояшникове лушпиння, насіння	
	<i>високо-олійного</i>	<i>низько-олійного</i>
Хімічний склад (у % на абс.с.р.)		
сирий жир	1,30-3,42	0,99
сира клітковина	52,0-59,6	65,9
сирий протеїн (N × 6,25)	3,75-4,62	1,88
сира зола	1,97-2,77	1,37
безнітрогенні екстрактивні речовини	30,4-39,56	29,9
Воски, %	0,28-1,27	-
Теплотворна здатність, ккал/кг	3910-4268	-

Кількість лушпиння в насінні соняшнику коливається в межах від 10 до 25%. Нормована олійність соняшникового лушпиння при нормальному стані устаткування і дотриманні технологічного процесу становить ~2-2,5%, а фактична ~4-5%. Соняшникове лушпиння може бути використане як паливо. Визначено, що 1 кг лушпиння виділяє при згоранні 3500-4300 ккал, тобто еквівалент 4-5 кВт·год електроенергії. Разом з тим, певним недоліком використання лушпиння в якості палива є попередня необхідність його знежирення. У той же час в умовах критичних руйнувань енергосистеми, здороження і дефіциту традиційних паливних засобів (викопні енергоресурси) використання лушпиння в якості альтернативного джерела палива (енергії) є для багатьох підприємств достатньо привабливим.

Основна принципова схема комплексного використання сировини у галузі виробництва рослинної (соняшnikової) олії наведена на рис. 1.4.

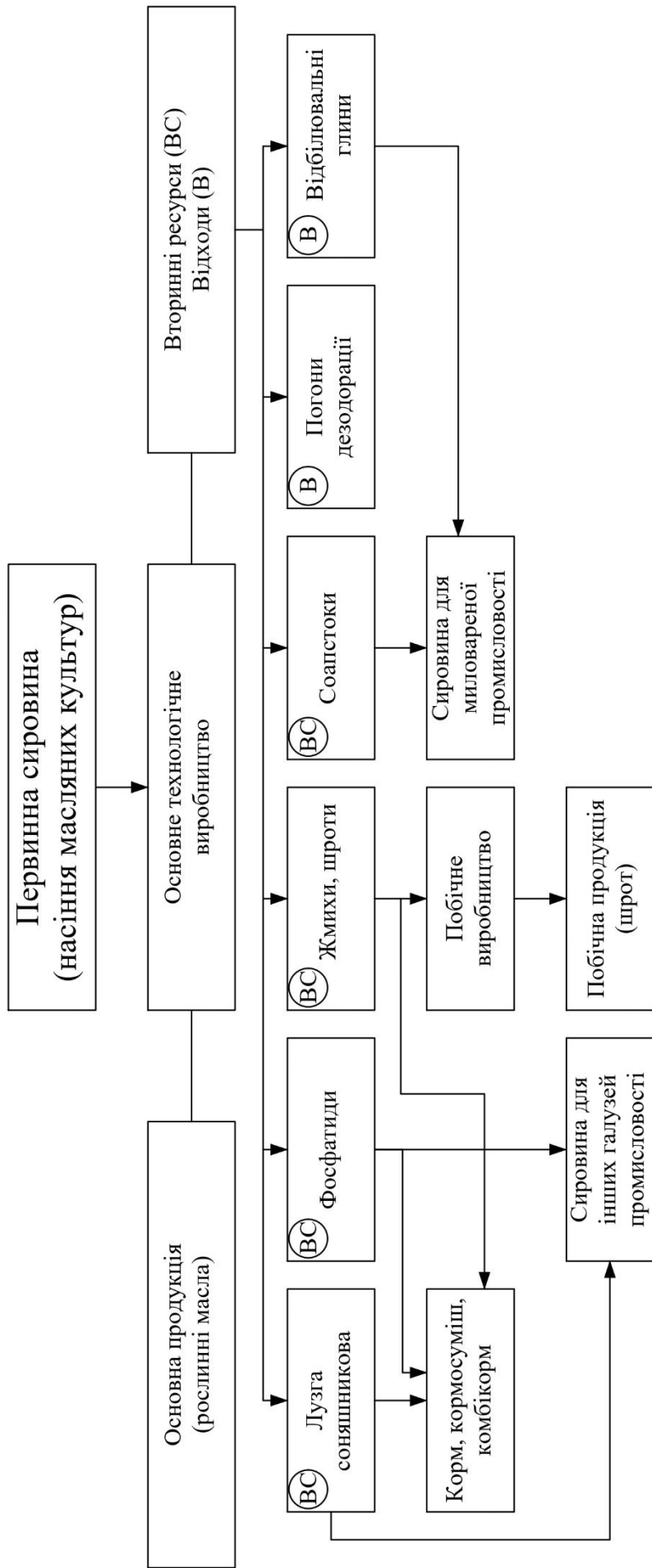


Рисунок 1.4 – Схема комплексного використання сировини у галузі виробництва рослинної (соняшникової) олії

1.3. Перспективи використання відходів переробки соняшнику як альтернативного джерела отримання енергії в Україні

Суттєву та дедалі постійно зростаючу роль у світовій практиці енерговиробництва відіграють поновлювані джерела енергії. Постійне збільшення цін на викопні енергоресурси та складність з логістикою їх постачання на світові ринки, ризики соціально-політичного, економічного або військового характерів обумовлюють підвищений попит і зацікавленість багатьох держав до отримання енергії при застосуванні технологій переробки органічних відходів [5, 6].

Розвиток біоенергетичних технологій дозволяє сьогодні впливати та контролювати на дві найважливіші проблем сучасності. По-перше – це вирішення проблеми збільшення валових обсягів та накопичення органічних відходів. По-друге – це нагальна необхідність скорочення кількості глобальних викидів CO₂ (парникових газів). Обидві проблеми тісно пов'язані з розвитком технологій захисту навколишнього середовища, як складової екологічно безпечного виробництва і захисту довкілля.

Посилення ролі біоенергетики важливе, також, у контексті того, що одним з ключових елементів повоєнного відновлення та розвитку економіки України буде енергозабезпечення. Через постійні обстріли та руйнування енергетичної інфраструктури внаслідок військових дій, наряду з продовольчою безпекою України, сьогодні актуальним є вирішення питання енергетичної безпеки.

На даний момент часу в Україні реалізовано низка проєктів з будівництва і введення в експлуатацію котельнь або малих ТЕС потужністю близько 20 МВт. Варто також відзначити, що більшість з них будуть являти собою все ж таки малопотужні енергетичні комплекси до 5-6 МВт, а у випадку автономного забезпечення окремих підприємств – десятки і сотні кіловат. Основні проблеми та переваги розвитку біоенергетики наведені у табл. 1.3.

Таблиця 1.3

Проблеми та переваги запровадження біоенергетичних технологій в умовах України під час утилізації відходів

Проблеми	Переваги
<p>1) існуючий тариф на електричну (теплову) енергію при біогенерації є недостатнім для інвестиційної привабливості біоенергетичних проєктів в межах переважної більшості сільськогосподарських та підприємств харчової галузі;</p> <p>2) відсутнє державне стимулювання ефективного використання виробленої теплової енергії;</p> <p>3) відсутнє стимулювання переробки відходів;</p> <p>4) відсутнє стимулювання виробництва пального з біометану;</p> <p>5) відсутнє екологічне законодавство у сфері утилізації органічних відходів і побічних продуктів сільського господарства та підприємств харчової промисловості.</p>	<p>1) заміщення природного газу та викопних енергоресурсів;</p> <p>2) поширення та стимулювання практики екофільних технологій утилізації відходів;</p> <p>3) зменшення викидів CO₂ у атмосферу – декарбонізація;</p> <p>4) зменшення вартості тарифів на теплову енергію;</p> <p>5) відновлення складових компонент екосистем: повітря, вода, ґрунтовий покрив;</p> <p>6) залучення інвестицій, створення нових робочих місць, економічне зростання.</p>

При цьому загальний потенціал України за даними [7] оцінюється у близько 650-700 млн нмСН₄/рік. Серед основних побічних продуктів харчової промисловості (рис. 1.5, табл. 1.4) найбільший потенціал припадає на жом цукрових буряків (31,3%) та макуху/шрот соняшниковий (31,0%).

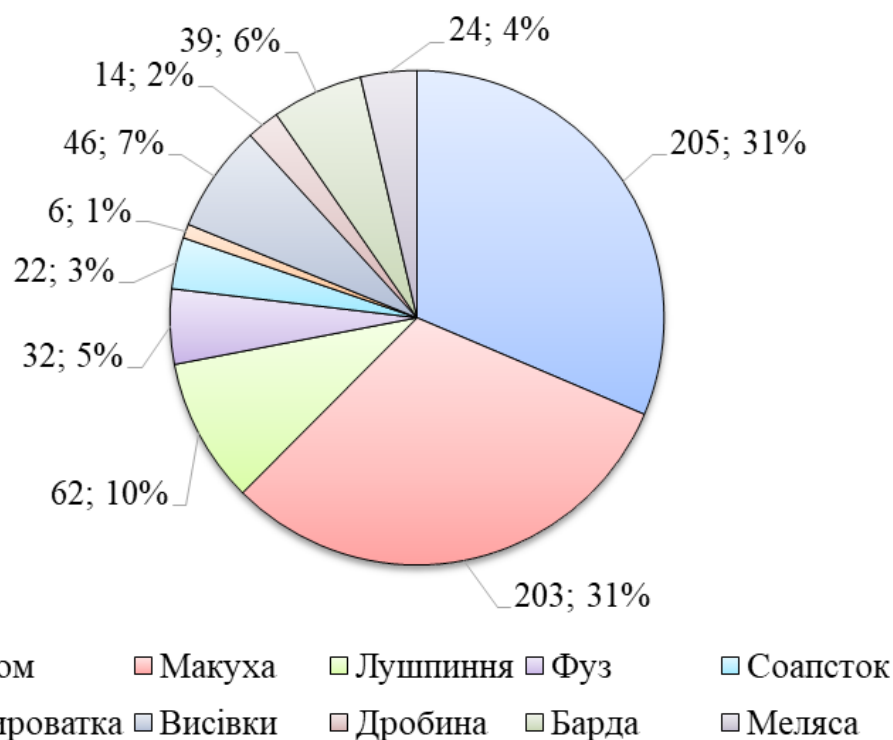


Рисунок 1.5 – Структура потенціалу виробництва СН₄ з побічних продуктів харчової переробної промисловості значення: млн нмСН₄/рік; %)

Таблиця 1.4

Динаміка обсягів утворення ВРС у олієжировій промисловості України, тис. тон

Найменування ВРС	Роки						
	2000	2005	2008	2011	2103	2019	2023
Лушпиння соняшникове	258	436	626	1200	1310	1730	1470
Шрот	648	1073	1873	3180	3555	4473	3800
Фосфатидний концентрат	1,4	4,1	8,3	17,2	24,7	28,7	24,4

Для переробки переважної більшості субстратів застосовують одностадійну технологію, схема якої наведена на рис. 1.6.

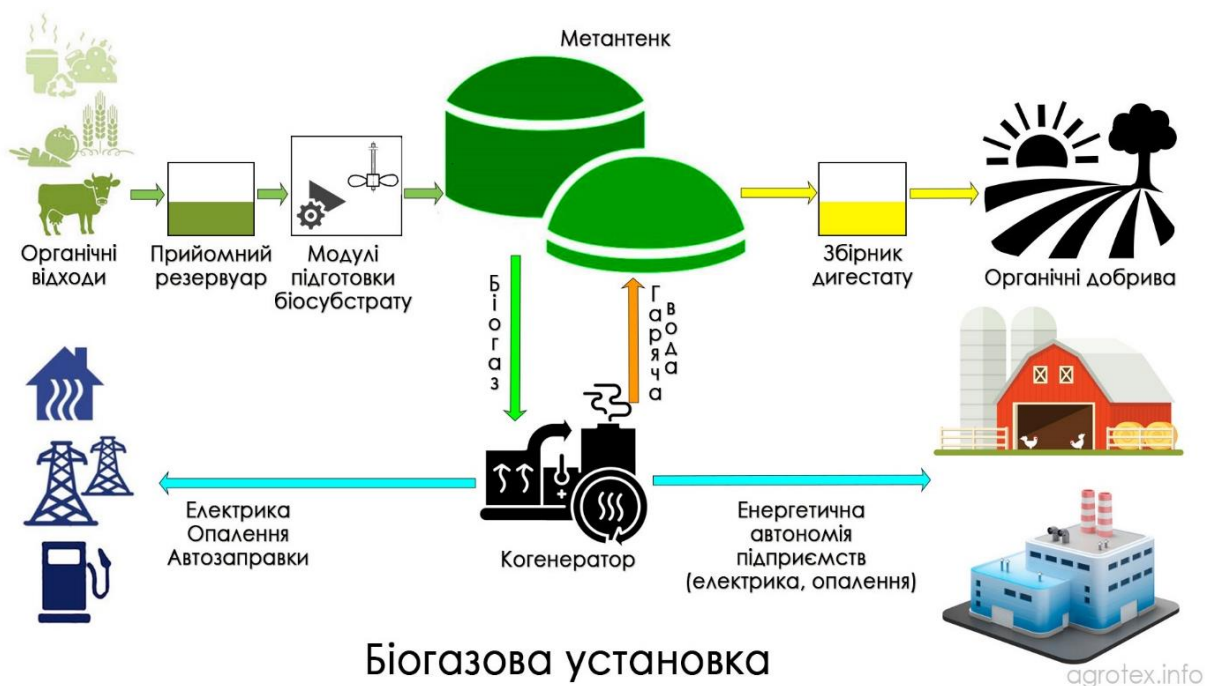


Рисунок 1.6 – Принцип роботи біоенергетичної установки
(рисунок з мережі *Internet*)

На сьогодні до господарського обігу залучається 98,6% ВСР, що утворюються (табл. 1.5) [2, 17].

Таблиця 1.5

Залучення ВСР олійножирової промисловості в господарський обіг, %

Вторинні сировинні ресурси (ВСР)	Використано промислову переробку в галузі	Поставлено на корм в с/г та ін. галузі	Продукція
Лушпиння соняшникове	59,7	40,3	Паливо, корма, сировина для гідролізних виробництв (виробництво кормових дріжджів та фурфуролу)
Макуха та шрот	3,6	96,4	Корма (с/г та комбікормова промисловість, виробництво білкових ізолятів та концентратів)
Соапсточні жири	78,5	21,5	Виробництво мила, збагачення кормів
Фосфатидні концентрати	12,2	87,8	Використання в кондитерській, комбікормовій промисловості, виробництво маргарину, ЗНМ для с/г

Отже, за умови адаптації українського законодавства до загальноєвропейських стандартів, біоенергетичні установки можуть бути економічно вигідними, адже підприємства будуть заощаджувати на теплі та електроенергії, витрачаючи кошти лише на обладнання і його сервісне обслуговування. Окупність та перспективність впровадження таких систем також залежить від подальшої відсутності необхідності шукати способи, технології й матеріальні (економічні) ресурси та місця для утилізувати відходів, які так чи інакше є на кожному підприємстві, що автоматично перетворює їх в сировину для виробництва біогазу.

Висновки за розділом 1

- 1) Проаналізовані поняття безвідходних та маловідходних виробництв та визначені перспективні напрями розвитку таких технологічних циклів у масложировій промисловості. Наведені основні заходи щодо економічного стимулювання раціонального використання вторинних сировинних ресурсів (ВСР).
- 2) Показано, що під час переробки насіння олійних культур і виробництва рослинної олії утворюються наступні види ВСР: соняшникове лушпиння, макуха, шрот, фосфатні концентрати, соапсточні жири, погони дезодорації, відпрацьований фільтрувальний порошок і каталізатор, содові розчини, гудрон та стічні води.
- 3) Наведено загальну характеристику кількісних та якісних показників складу вторинних сировинних ресурсів і відходів виробництва олії соняшnikової, що обґрунтовує можливість використання соняшnikового лушпиння як паливо. При цьому 1 кг лушпиння

виділяє при згоранні 3500-4300 Ккал, тобто еквівалент 4-5 КВт·год електроенергії.

- 4) Оцінено потенційні можливості використання відходів переробки соняшнику як альтернативного джерела отримання енергії в Україні. Показані проблеми та переваги запровадження біоенергетичних технологій в умовах військових дій та повоєнний період відбудови України під час утилізації відходів. Серед основних побічних продуктів харчової промисловості найбільший потенціал припадає на жом цукрових буряків (31,3%) та макуху/шрот соняшниковий (31,0%). При цьому загальний потенціал України оцінюється у близько 650-700 млн нмСН₄/рік.

2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Загальна характеристика підприємства – об'єкту досліджень

Об'єктом дослідження у даній кваліфікаційній роботі обрано олієекстракційний завод (ОЕЗ) ТОВ «Потоки» (рис. 2.1). Юридична адреса розміщення потужностей виробництва: м. Дніпро, вул. Байкальська 9 (сайт підприємства: <https://mez.com.ua/>). Основний перелік продукції виробництва представлений у табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Перелік продукції олієекстракційного заводу ТОВ «Потоки»

№	Вид продукції	Загальний вигляд*	Примітка
1	Олія наливна		масло соняшникове нерафіноване невиморожене, відповідає ДСТУ 4492:2017
2	Концентрат протеїновий		концентрат протеїновий соняшниковий тостований негранульований, відповідає ТУ У10.9-40832205-001:2019
3	Паливні пелети		лузга соняшника пресована гранульована, відповідає ДСТУ 7124:2009
4	Фосфатидний концентрат		соняшниковий фосфатидний концентрат, відповідає вимогам СОУ 15.4-37-212:2004

* рисунок продукції з офіційного сайту підприємства (<https://mez.com.ua/products>)



Рисунок 2.1 – Загальний вигляд ОЕЗ ТОВ «Потоки»

Основні виробничі потужності підприємства наступні:

- Кількість працюючого персоналу ~400 осіб;
- Загальна площа підприємства – 25000 м²;
- Виробнича потужність – 1400 т/добу, в т.ч.:
 - олії соняшnikової – 600 т/добу;
 - протеїнового концентрату – 450 т/добу;
 - лузга соняшника (пресована, гранульована) – 350 т/добу.

Відзначимо, що кількісні показники використаної електроенергії на всі виробничі потужності залишаються закритими (комерційна таємниця).

Разом з тим, згідно даних (<http://surl.li/uiboo>), для переробки 1 т насіння соняшника потрібно близько 60 кВт електроенергії, ще 70 кВт для формування 1 тони брикетів (гранул). Таким чином за спрощеним розрахунком отримаємо, що для роботи підприємства необхідно:

$$\Sigma N = (N_1 \cdot M_1 + N_2 \cdot M_2) \cdot 1,15 = (60 \cdot 1400 + 70 \cdot 350) \cdot 1,15 \approx 125 \text{ МВт/добу}, \quad (2.1)$$

де, N_1 – кількість електроенергії потрібної для переробки 1 тони соняшника, кВт; M_1 – загальна добова потужність переробки на підприємстві,

тон; N_2 – кількість електроенергії потрібної для формування 1 тони брикетів, кВт; M_2 – загальна добова потужність пресування лузги соняшника, тон; 1,15 – коефіцієнт, що враховує інші виробничі потреби підприємства.

Обґрунтовано, що задовольнити такі потреби у електроенергії за рахунок альтернативних джерел досить складно. Проте, енергетична незалежність олієекстракційних заводів – це майбутнє для їх розвитку. Оскільки ОЕЗ мають дешеве лушпиння, що використовується у якості вторинної сировини (паливні пелети) з якої можливе забезпечення роботи когенераційних автономних установок на території підприємства. Деякі сучасні заводи (три підприємства) вже мають встановлені турбіни, які виробляють електроенергію.

2.2. Методи досліджень

Згідно даних [8] теплотворна здатність 1 кг сухої речовини лушпиння соняшника має еквівалент 17,2 МДж. Отже, за цим показником лушпиння соняшника в певній мірі переважає дрова (14-16 МДж/кг) та буре вугілля (~12,5 МДж/кг). Перевагою також є те, що під час спалювання соняшникової лузги кількість вуглекислого газу, який потрапляє в навколишнє середовище (атмосферу) не перевищує обсягів, які утворюється під час природного процесу розкладання деревини. оскільки соняшникова лузга має дуже низьку насипну щільність (близько 170 кг/м³) то його транспортування на значну відстань є економічно недоцільним. У зв'язку з цим виробляють гранули або брикети, щільність яких складає близько 1200 кг/м³. Характеристики гранул та брикетів з соняшникової лузги наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Технічні характеристики ВРС з лузги соняшника [8]

№	Параметр	Показник
1	Щільність брикетів (гранул), т/м ³	1,1-1,2
2	Теплотворність, ккал / кг	5000-5200
3	Зольність брикетів, %	2,7-4,5
4	Водень, %	5,85
5	Кисень, %	41,0
6	Вуглець, %	48,3
7	Азот, %	0,8
8	Сірка, %	0,23-0,45
9	Щільність сировини, т/м ³	0,12
10	Вологість сировини, %	8
11	Розмір частинок сировини, мм	2-8

Загальна схема роботи когенераційної установки наведена на рис. 2.2-2.4.

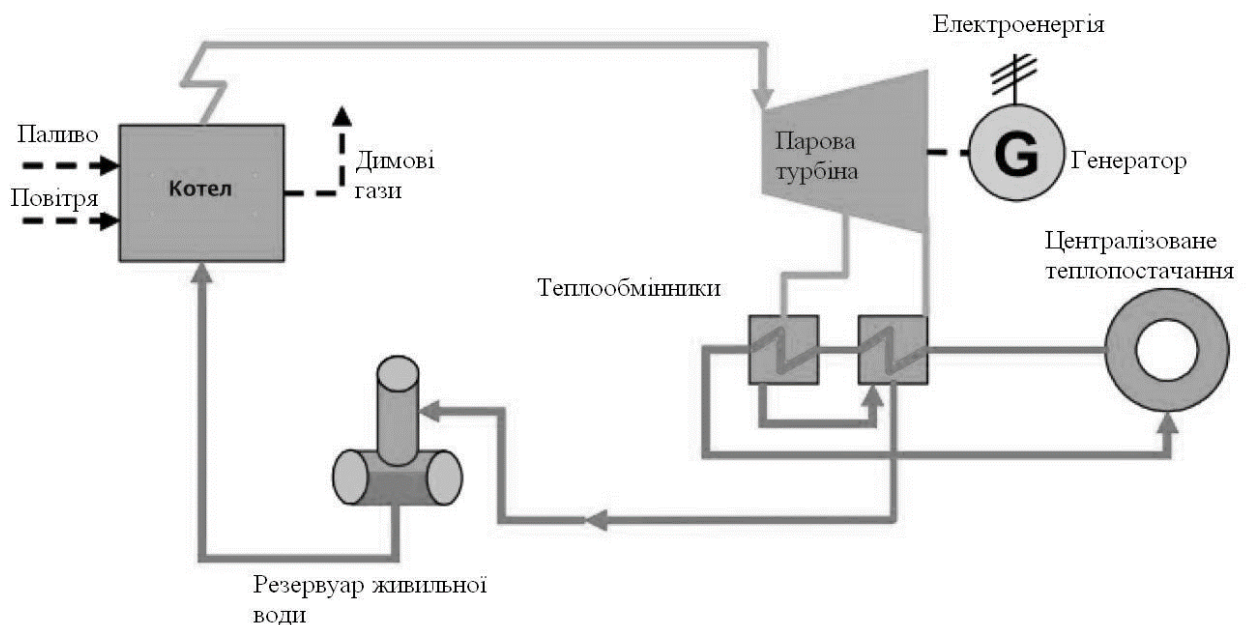


Рисунок 2.2 – Схема роботи когенераційної установки (з мережі *Internet*)

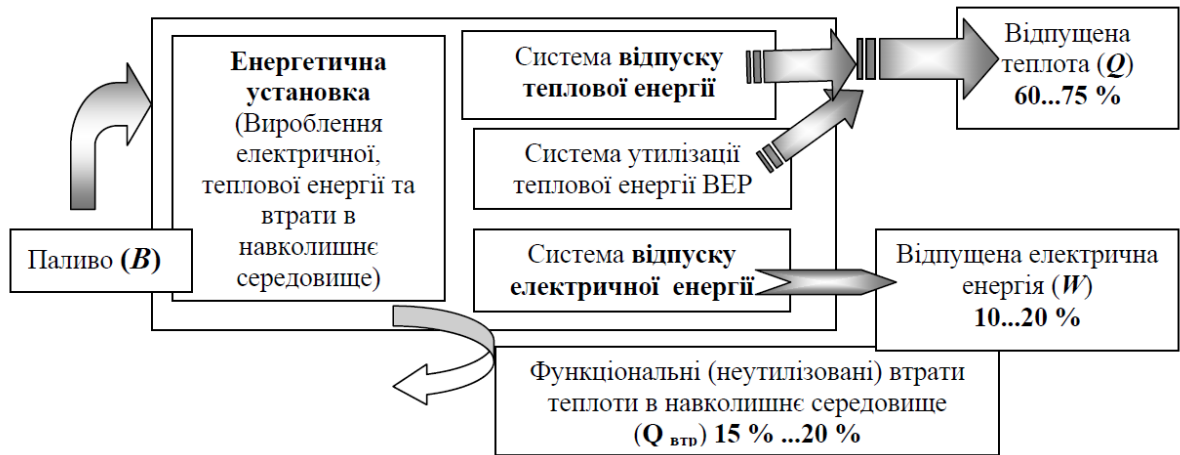


Рисунок 2.3 – Структурна схема когенераційної установки [9]

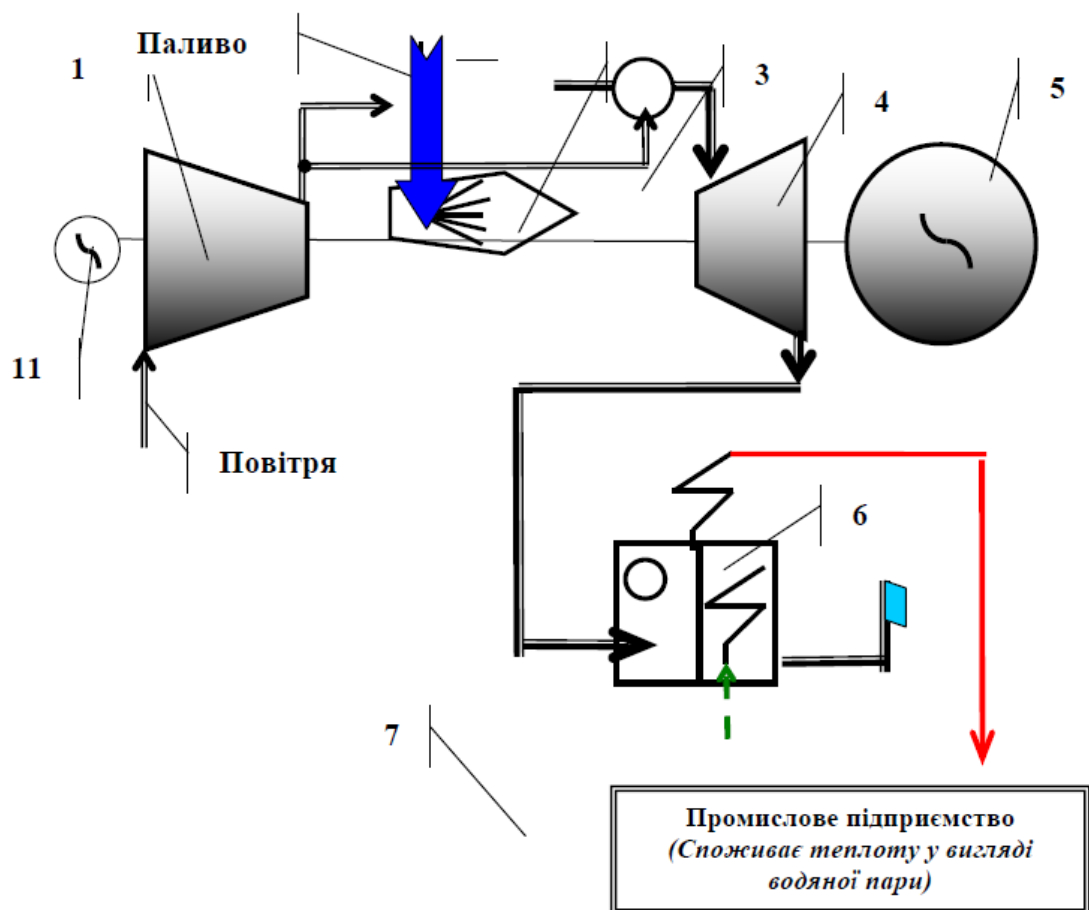


Рисунок 2.4 – Принципова схема вироблення електричної та теплової енергії комбінованим способом в когенераційній установці (Г-ТЕЦ)

теплогенеруючого напрямку (за даними [9]):

- 1 – газова турбіна; 2 – камера згорання; 3 – охолоджувач продуктів згорання; 4 – газова турбіна; 5 – турбогенератор газової турбіни; 6 – паровий котел – утилізатор теплоти продуктів згорання ГТУ

Загальна методика проведення досліджень базується на даних [9, 10].
Паливно-енергетичні рівняння енергетичних установок:

$$E = B \cdot Q_{\text{нр}} \cdot \eta, \quad (2.2)$$

де, E – теплова або електрична потужність, що виробляється установкою, кВт (МВт); B – витрата палива на вироблення енергії, кг/с; $Q_{\text{нр}}$ – нижча теплота згорання палива, кДж/кг; кДж/м³; η – коефіцієнт корисної дії (ККД) енергоустановки.

Визначення показника енергетичної ефективності (ПЕЕ) установки виконується за формулою:

$$\text{ПЕЕ} = \Sigma E_{\text{спож}} / A_{\text{вир}} \quad (2.3)$$

Де, $\Sigma E_{\text{спож}}$ – загальний обсяг спожитої енергії за розрахунковий період часу; $A_{\text{вир}}$ – кількість виробленої продукції за розрахунковий термін часу.

Собівартість електричної енергії [9]:

$$C_{E/E}^{\Sigma} = C_{\text{експл}}^{e/e} + C_{\text{рент}}^{e/e} + C_B^{e/e}, \quad (2.4)$$

де: $C_{\text{експл}}^{e/e}$ – експлуатаційні витрати на утримання установки, грн/кВт·год. (в межах діапазону 20-30% від паливної складової); $C_{\text{рент}}^{e/e}$ – рентабельність, грн/кВт·год. (встановлюється згідно нормативних документів в межах від 10-2 % від паливної складової); $C_B^{e/e}$ – паливна складова собівартості виробленої енергії, грн/кВт·год.

Собівартість теплової енергії [9]:

$$C_{T/E}^{\Sigma} = C_{\text{експл}}^{T/e} + C_{\text{рент}}^{T/e} + C_B^{T/e}, \quad (2.5)$$

де: $C_{\text{експл}}^{T/e}$ – експлуатаційні витрати на утримання установки, грн/кВт·год. (в межах діапазону 20-30% від паливної складової); $C_{\text{рент}}^{T/e}$ – рентабельність, грн/Гкал. (встановлюється згідно нормативних документів в межах від 10-2 % від паливної складової); $C_B^{T/e}$ – паливна складова собівартості виробленої енергії, грн/Гкал.

Термін окупності інвестицій при встановленні когенераційної установки [10]:

$$T = K_{\text{chp}} / (C_v - C_v^{\text{chp}}), \quad (2.6)$$

де, K_{chp} – капітальні вкладення (інвестиції) в облаштування когенераційної установки; C_v, C_v^{chp} – собівартість вироблення енергії.

Висновки за розділом 2

1) Наведена загальна характеристика об'єкту досліджень та перелік продукції олієекстракційного заводу ТОВ «Потоки». Серед ключових варто виділити наступні виробничі потужності підприємства:

- загальна виробнича потужність – 1400 т/добу, в т.ч.:
 - олії соняшникової – 600 т/добу;
 - протеїнового концентрату – 450 т/добу;
 - лузга соняшнику (пресована, гранульована) – 350 т/добу.

- 2) Визначено, що для переробки 1 т насіння соняшнику потрібно близько 60 кВт електроенергії, ще 70 кВт для формування 1 тони брикетів (гранул, пелетів). Таким чином загальна потерба заводу може бути оцінена у 125 МВт/добу (5,2 МВт/год).
- 3) Під час огляду методів досліджень представлені технічні характеристики ВРС з лузги соняшника, загальні схеми роботи когенераційної установки (КУ) та принципова схема вироблення електричної та теплової енергії комбінованим способом. Наведені стандартизовані підходи (розрахункові формули) до визначення енергетичних показників та техніко-економічних параметрів роботи КУ.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ АНАЛІЗ

3.1. Розрахунок потреби та визначення параметрів роботи когенераційної установки

Загальна технологічна схема виробничого процесу ОЕЗ представлена на рис. 3.1.

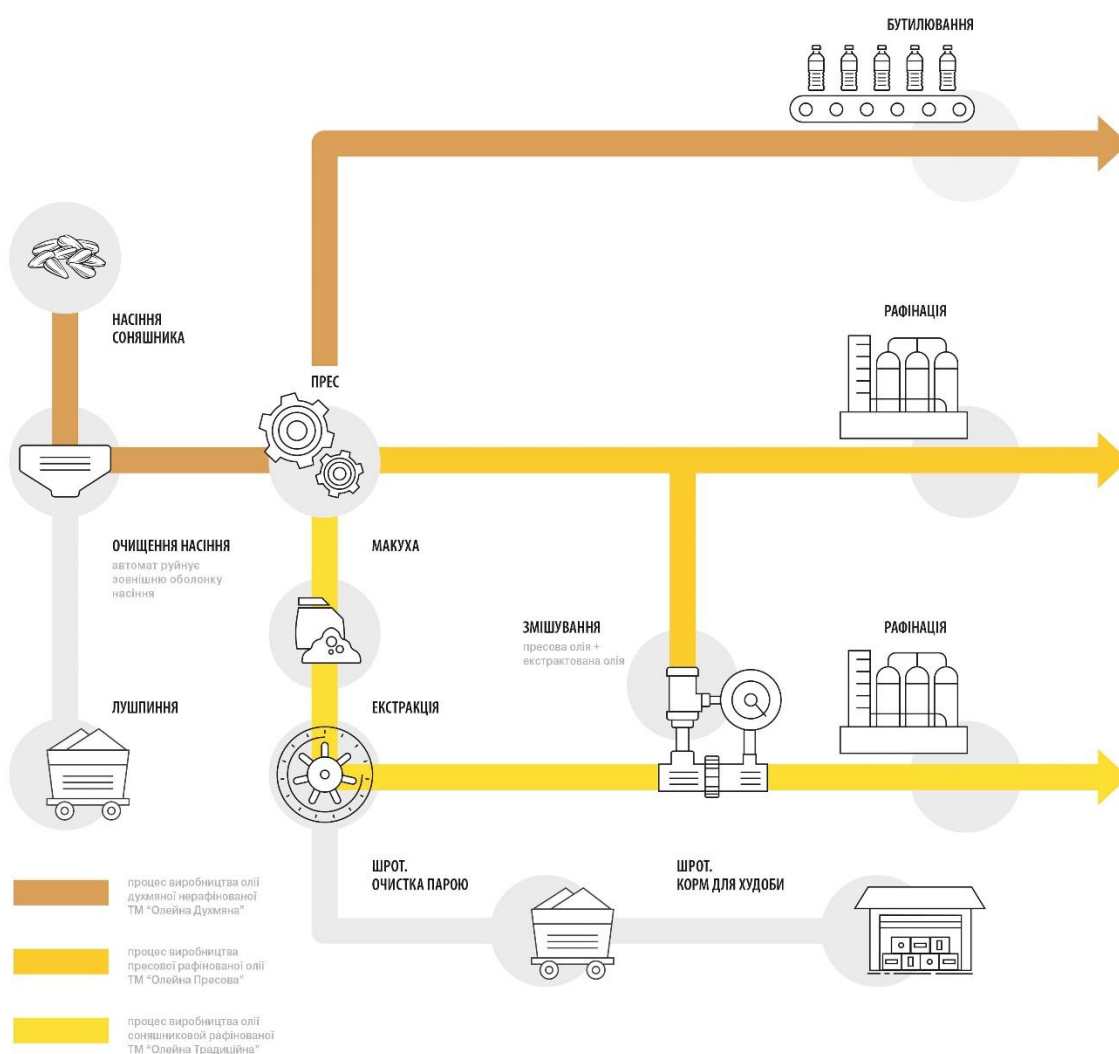


Рисунок 3.1 – Технологічна схема виробництва олії соняшникової (на прикладі ТМ «Олейна, з мережі *Internet*)

Як видно зі схеми (рис. 3.1), після процесу очищення насіння

соняшнику утворюється досить значна кількість ВРС у вигляді лушпиння, яке потім формується у паливні брикети чи пелети.

Сучасні установки, які використовують принцип когенерації, можуть досягати рівня ККД близького до 90%, але за умови повного використання теплової та електричної енергії (рис. 3.2).



Рисунок 3.2 – Коефіцієнт корисної дії (ККД) когенераційного процесу виробництва енергії

Отже для умов нашого об'єкту досліджень маємо наступні розрахункові параметри. За умови теплотворності 5000 ккал / кг (5,8 кВт·год) з 1 тони пелетів може бути виділено:

$$E_{1т} = 5,8 \cdot 1000 = 5800 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Розрахункова потужність власного виробництва палетів з лузги соняшника складає 350 т/добу. Таким чином, енергетична теплотворність цих ВРС може сягати:

$$E_{\text{доб}} = 5800 \cdot 350 = 2030000 \text{ кВт}\cdot\text{доб.} \approx 2030 \text{ МВт}\cdot\text{доб.}$$

З отриманих результатів видно, що показник $E_{\text{доб}}$ здатний задовольнити внутрішні потреби підприємства. Разом з тим, когенерація необхідного обсягу електроенергії (125 МВт/добу) потребує влаштування потужної установки, яка здатна у котловому агрегаті спалювати відповідну кількість пелетів.

Виходячи з умов потреби підприємства розраховуємо годинну потребу в енергії:

$$E_{\text{год}} = E_{\text{доб}} / 24 = 125/24 = 5,2 \text{ МВт}\cdot\text{год}$$

Для отримання цієї енергії розрахункова потреба обсягу завантажувача (лузги соняшника у вигляді пелетів) у котел становитиме:

$$W_{\text{пал}} = E_{\text{год}} / E_{1\text{т}} = 5200 \text{ кВт} / 5800 \text{ кВт} = 0,9 \text{ т}$$

З урахуванням коефіцієнту корисної дії установки на прийнятому рівні 80% потреба збільшиться до 1,125 т. Далі, згідно наведеного розподілу (рис. 3.1) визначаємо загальну потребу за умови витрати цього ресурсу на 44% електричної та 40% теплової енергії. Тобто з обсягу 1,125 т ми зможемо отримати лише 44% електричної енергії від загальної потреби. Таким чином збільшуючи обсяг палива остаточно отримаємо, що завантаження потребує 2,5 т. саме такий об'єм задовольнить повну потребу в електричній та тепловій.

Тобто для підтримання роботи технологічного процесу виробництва необхідно практично щогодинне спалювання 2,5 тони пелетів лузги соняшника.

Показник енергетичної ефективності (ПЕЕ) установки становитиме:

$$\text{ПЕЕ} = 14500 \text{ кВт}\cdot\text{год} / 58 \text{ т} = 250 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{т}$$

Враховуючи різну теплотворність пелетів виконуємо табличний розрахунок різних варіантів роботи установки (табл. 3.1)

Таблиця 3.1

Порівняльні розрахунки роботи когенераційної установки

Параметри	Значення		
Годинна потреба у електроенергії, кВт·год	5200		
Номер варіанта	1	2	3
Теплотворність 1 кг, кВт·год	5,8	5,9	6
Вихід енергії з 1 т пелетів, кВт·год	5800	5900	6000
Потреба у спалюванні пелетів, т	0,90	0,88	0,87
Потреба у спалюванні пелетів з урахуванням ККД установки (80%), т	1,12	1,10	1,08
Загальні витрати з урахуванням відсоткового розподілу отриманої енергії (44% електрична; 40% тепла), т	2,55	2,50	2,46

Загальний обсяг формування продуктів згоряння (золи) залежно від різних розрахункових варіантів наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Розрахунок обсягу утворення золи, т

Розрахункові параметри	Номер варіанта		
Зольність пелетів, %	1	2	3
2,7	0,069	0,068	0,066
2,9	0,074	0,073	0,071
3,1	0,079	0,078	0,076
3,3	0,084	0,083	0,081
3,5	0,089	0,088	0,086
3,7	0,094	0,093	0,091
3,9	0,099	0,098	0,096
4,1	0,104	0,103	0,101
4,3	0,110	0,108	0,106
4,5	0,115	0,113	0,111

Далі спроектуємо декілька варіантів роботи когенераційної установки за умови різного рівня забезпечення технологічного процесу виробництва енергією (обсягами 100; 75; 50 та 25%). За таких мов вихід побічних продуктів згорання становитиме (рис. 3.3, 3.4).

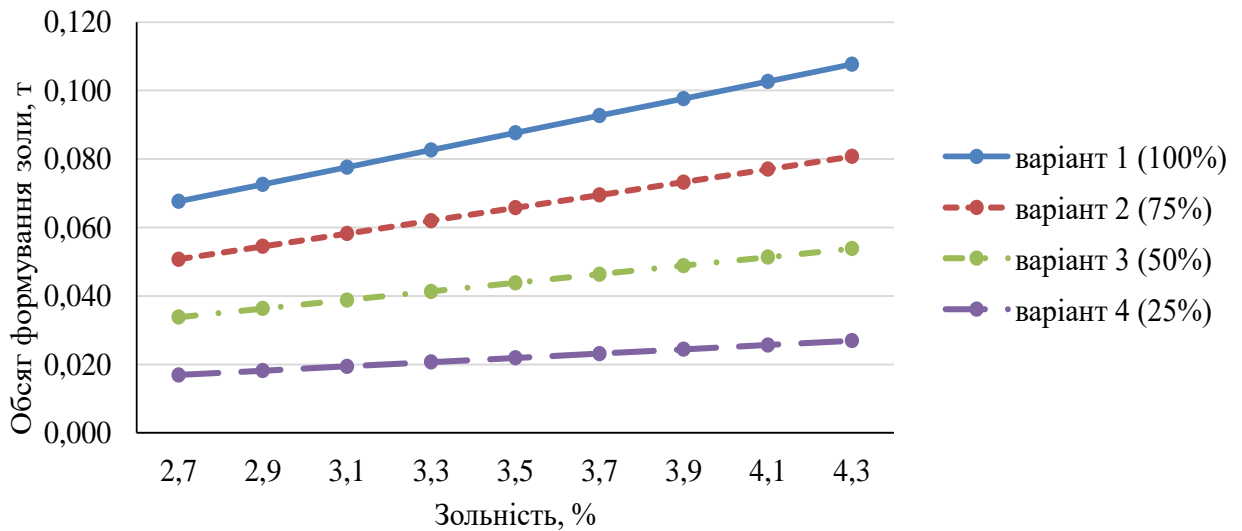


Рисунок 3.3 – Обсяги формування золи (т) в залежності від різних технологічних параметрів роботи установки та вихідної сировини

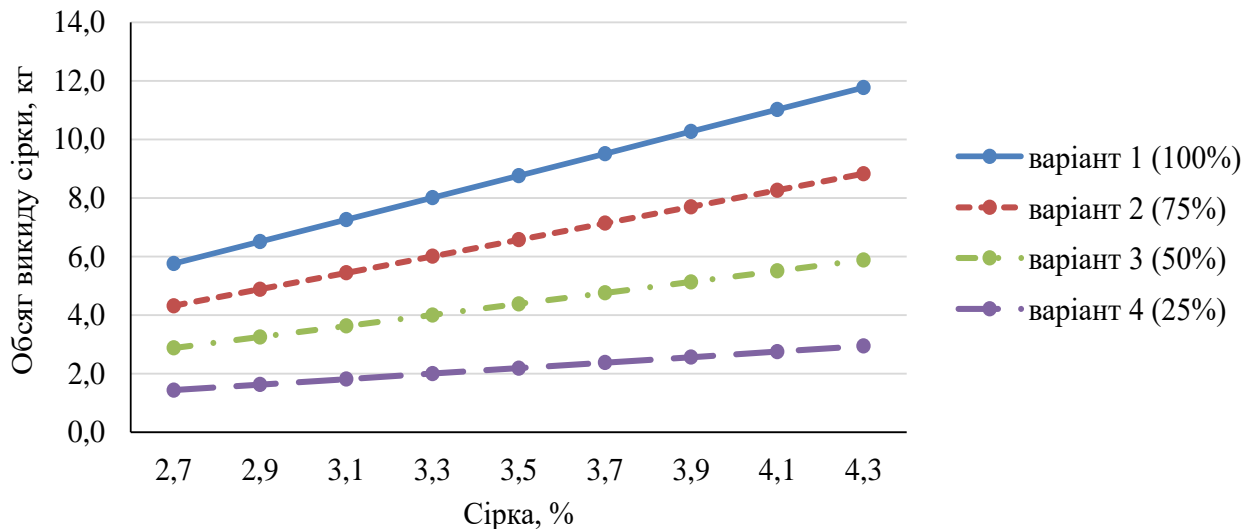
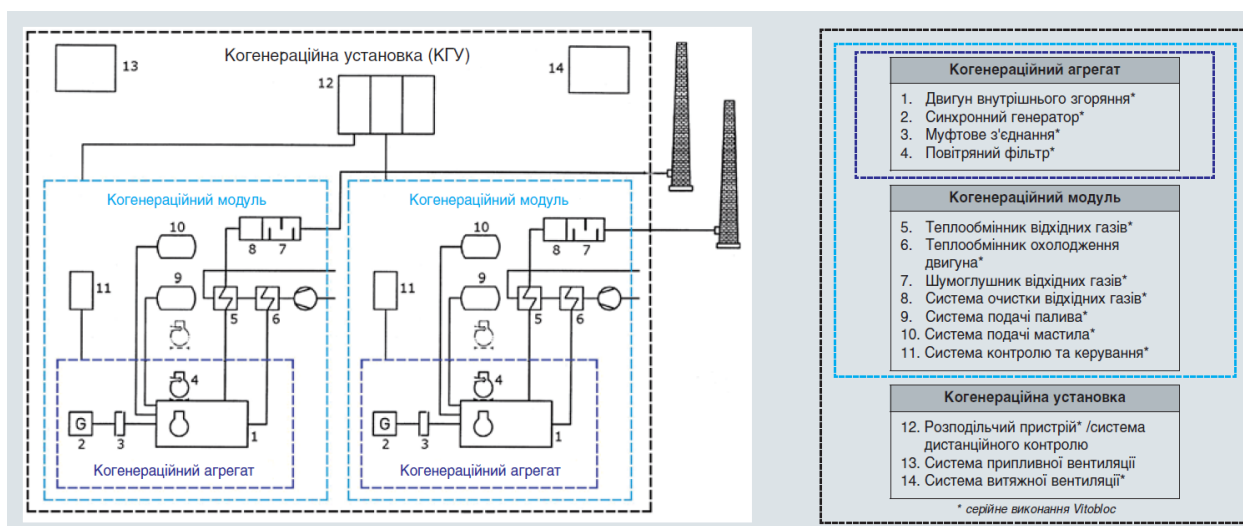


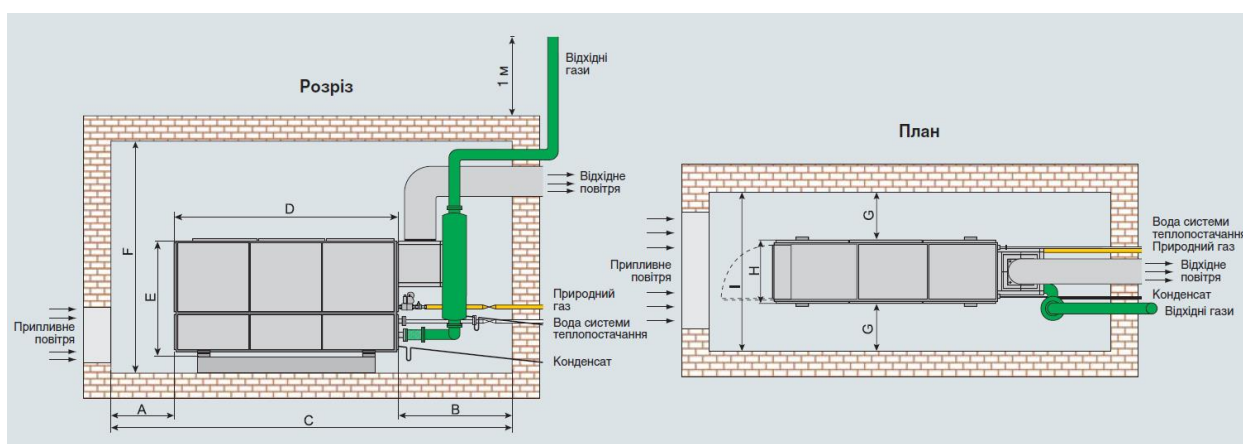
Рисунок 3.4 – Обсяги викидів сірки (кг) в залежності від різних технологічних параметрів роботи установки та вихідної сировини

3.2. Обґрунтування вибору та конструкція когенераційної установки

За результатами визначення технологічних параметрів роботи підбираємо когенераційну установку *Vitoblok 200 EM-401/575* від виробника *Viessmann* [11]. Технічні характеристики установки та конструктивні параметри наведені у табл. 3.3 і рисунку 3.5.



а)



б)

Рисунок 3.5 – Технологічна (а) та конструктивна (б) схема роботи установки *Vitoblok 200 EM-401/575* [11]. Розміри в мм: А – 1000; В – 2000; С – 6980; D – 3980; Е – 2000; F – 3500; G – 1500; H – 1650; I – 4650.

Таблиця 3.3

Характеристика когенераційної установки

Когенераційний модуль	Електрична енергія		Теплова енергія		Використання палива	
	Потужність кВт	ККД (η), %	Потужність кВт	ККД (η), %	Потужність кВт	ККД (η), %
<i>Vitoblok 200</i> <i>EM-401/575</i>	400	38	550	52	1053	92

Отже загальна характеристика когенераційної установки свідчить про збільшений відсоток виробництва теплової енергії над електричною практично на 12-14%, 150 кВт.

Висновки за розділом 3

- 1) Визначено, що розрахункова потужність власного виробництва палетів з лузги соняшника складає 350 т/добу. Таким чином, енергетична теплотворність цих ВРС може сягати 2030 МВт·доб. З отриманих результатів оцінено, що підприємство повністю здатне задовольнити внутрішні потреби шляхом енергогенерації.
- 2) Для отримання необхідної кількості енергії розрахункова потреба пелетів (з лузги соняшника) становить 0,9 т/год. З урахуванням коефіцієнтів корисної дії та відсоткового розподілу отриманих електричної та теплової енергії обсяг палива може бути збільшений до 2,5 т.
- 3) З урахуванням показника різної теплотворності пелетів виконаний

розрахунок декількох варіантів роботи установки та визначені обсяги продуктів згоряння і викидів сірки у атмосферне повітря. Ці порівняння виконані, також, за різних рівнів забезпечення КУ потреб у енергогенерації (обсягами 100; 75; 50 та 25% від загальної потреби).

- 4) Виконано обґрунтування вибору та конструкції когенераційної установки. Наведені технічні характеристики установки та конструктивні параметри її роботи. Прийнятим варіантом є встановлення КУ *Vitoblok 200 EM-401/575* від фірми *Viessmann*.

4. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1. Розрахунок економічної ефективності впровадження результатів досліджень

Розрахунок економічної ефективності облаштування когенераційної установки (КУ), що працює на вторинних сировинних ресурсах (пелети з лузги соняшнику) на олієекстракційному заводі ТОВ «Потоки» виконаний за аналогією з [12, 18, 20].

Економічними передумовами розвитку когенераційних установок (електричною потужністю від 0,5 до 8 МВт) є те, що вони не вимагають величезних капіталовкладень. В порівнянні з іншими грошовими витратами на будівництво нових електростанцій, які обходяться за різними оцінками становить понад \$1500 на один кВт потужності, питома вартість 1 кВт потужності проєктованих когенераційних установок, що працюють на різних відходах виробництва (або навіть на класичних джерелах енергії) складає близько \$800. Більше того, підтримка та гостра необхідність диверсифікації джерел електро- та теплопостачання в умовах війни актуалізує питання розвитку індивідуальних (малих) енергетичних установок, що потребує стимулювання й інвестицій від держави та закордонних партнерів (зацікавлених осіб, бізнесу тощо). Це дозволить мінімізувати ризик з виникнення кризових ситуацій та зупинки технологічних процесів виробництва (переробки соняшнику) і підвищить енергетичну безпеку самого підприємства ОЕЗ ТОВ «Потоки».

Додатковим суттєвим фактором є необхідність врахування відмінності в собівартості електроенергії і теплової енергії та тарифів від монопольних (традиційних) постачальників енергоносіїв, що діють на енергетичному ринку країни та постійне зростання тарифів на електричну і теплову енергію. Більш того, очікувані показники тарифів у повоєнний період можуть сягати

суттєвих підвищень. В цьому випадку використання когенераційної установки буде економічно ефективним, тобто КУ здатні приносити прибуток підприємству. Отже, КУ є економічно привабливими для промислового споживача. Згідно багатьох досліджень [12] витрати на проектування, закупівлю та комплектацію обладнання, введення установки в експлуатацію і амортизацію у подібних проектах мають термін окупності 3-4 роки. При цьому експлуатаційним нормативний термін роботи устаткування складає до 25 років.

Отже загальні розрахунки економічної ефективності будуть включати наступні параметри:

- 1) електрична потужність установки – відповідно до паспорту обладнання (див. розділ 3) – 400 кВт;
- 2) теплова потужність – 550 кВт (тобто у переведенні на інші одиниці вимірювання ~0,5 Гкал);
- 3) орієнтовна кількість годин експлуатації протягом року – 7900 (з урахуванням технологічних зупинок як на підприємстві, так і для обслуговування і ремонту КУ);
- 4) середня витрата палива – 0,9 т/год;
- 5) орієнтовний ресурс роботи до проведення капітального ремонту оцінюємо у 30000 годин;
- 6) ринкова вартість пелетів становить 3500 грн/тону;
- 7) вихідні тарифи для розрахунків взяті на рівні: електрична енергія – 6,4 грн/кВт; теплова енергія – 2700 грн/Гкал.

Всі відповідні обчислення виконані в табл. 4.1 де вказаний перелік всіх складових, їх умовне позначення та кількісний показник розрахунку.

Розрахунок економічної ефективності впровадження проекту когенераційної
установки на олієекстракційному заводі

Найменування показника	Умовне позначення	Одиниці вимірювання	Значення
<i>Вихідні дані</i>			
Потужність електрична	N_e	кВт	400
Потужність теплова	N_T	Гкал	0,5
Кількість годин експлуатації	t	годин	7900
Коефіцієнт використання потужності	k_p	-	0,83
Витрати палива (ВРС)	Q	т	0,9
Ціна пелетів за 1 т	C_p	грн.	3500
Ціна теплової енергії	C_T	грн./1 Гкал	2700
Ціна електроенергії	C_e	грн./кВт год	6,4
Термін до капремонту	$T_{кр}$	годин	30000
Коефіцієнт витрат на капремонт	$k_{кр}$	-	0,4
Вартість когенераційної установки	I_y	грн.	9500000
<i>Розрахунок річних експлуатаційних витрат</i>			
Витрати на паливо (ВРС)	V_p	млн. грн.	20,65
Витрати на капремонт	$V_{кр}$	млн. грн.	1,001
Витрати на зарплату	$V_{зп}$	млн. грн.	1,200
Загальні витрати	$V_{заг}$	млн. грн.	22,86
<i>Розрахунок річного економічного ефекту</i>			
Кількість електроенергії виробленої за рік	Σ_{ee}	кВт год	2622800
Кількість теплової енергії виробленої за рік	Σ_{Te}	Гкал	3279
Загальна ціна електроенергії	$C_e^{заг}$	млн. грн.	16,79
Загальна ціна теплової енергії	$C_T^{заг}$	млн. грн.	8,85
Річний економічний ефект	$E_{Фріч}$	млн. грн.	2,78
Собівартість 1 кВт год електроенергії	C_e	грн./кВт год	2,31
Собівартість 1 Гкал теплової енергії	C_T	грн./1 Гкал	4272
Термін окупності установки	$T_{окуп}$	років	4

Витрати на паливо на 1 рік роботи установки становитимуть:

$$B_{\text{п}} = C_{\text{п}} \cdot Q \cdot k_{\text{п}} \cdot t = 3500 \cdot 0,9 \cdot 0,83 \cdot 7900 = 20654550 \text{ грн} = 20,65 \text{ млн. грн}$$

Витрати на капітальний ремонт установки:

$$B_{\text{кр}} = (I_{\text{у}} \cdot k_{\text{кр}} \cdot t) / T_{\text{кр}} = (9500000 \cdot 7900 \cdot 0,4) / 30000 = 1,001 \text{ млн. грн}$$

Витрати на заробітну плату працівників визначаємо з умови постійної роботи чотирьох осіб обслуговуючого персоналу (n) при заробітній платні (zn) в межах 25 тис. грн/міс з урахуванням всіх соціальних внесків.

$$B_{\text{зп}} = n \cdot zn \cdot 12 = 4 \cdot 25000 \cdot 12 = 1,2 \text{ млн. грн.}$$

Отже загальні витрати на експлуатацію, ремонт та обслуговування установки складуть:

$$B_{\text{заг}} = B_{\text{п}} + B_{\text{кр}} + B_{\text{зп}} = 20,65 + 1,001 + 1,2 = 22,86 \text{ млн. грн.}$$

Розрахунок річного економічного ефекту включає наступні показники.

Загальна кількість виробленої КУ електроенергії:

$$\Sigma_{\text{еe}} = N_{\text{е}} \cdot t \cdot k_{\text{п}} = 400 \cdot 7900 \cdot 0,83 = 2622800 \text{ кВт}$$

Загальна кількість виробленої КУ теплової енергії:

$$\Sigma_{\text{те}} = N_{\text{т}} \cdot t \cdot k_{\text{п}} = 0,5 \cdot 7900 \cdot 0,83 = 3279 \text{ Гкал}$$

Загальну ціну виробленої теплової та електричної енергії оцінюємо спираючись на їх орієнтовну вартість, тобто 2700 грн/Гкал та 6,4 грн/кВт відповідно. В цьому випадку вартість вироблених ресурсів становитиме 8,85 млн грн для теплової ($\text{Ц}_T^{\text{заг}}$) та 16,79 млн. грн для електричної енергії ($\text{Ц}_e^{\text{заг}}$). Собівартість вироблених енергетичних ресурсів складе:

$$C_e = (B_{\text{заг}} - \text{Ц}_e^{\text{заг}}) / \Sigma_{\text{еe}} = (22860000 - 16790000) / 2622800 = 2,31 \text{ грн/кВт}\cdot\text{год}$$

$$C_T = (B_{\text{заг}} - \text{Ц}_T^{\text{заг}}) / \Sigma_{\text{Te}} = (22860000 - 8850000) / 3279 = 4272 \text{ грн/Гкал}$$

Річний економічний ефект від вироблення енергії за рахунок використання вторинних сировинних ресурсів у вигляді пелетів із лузги соняшника на ОЕЗ ТОВ «Потоки» складе:

$$E\Phi_{\text{річ}} = \text{Ц}_T^{\text{заг}} + \text{Ц}_e^{\text{заг}} - B_{\text{заг}} = 8,85 + 16,79 - 22,86 = 2,78 \text{ млн. грн}$$

За таких умов роботи загальний термін окупності КУ становитиме:

$$T_{\text{окуп}} = I_y / E\Phi_{\text{річ}} = 9500000 / 2780000 \approx 4 \text{ роки}$$

Отже, отриманий показник терміну окупності є прийнятним і знаходиться в межах економічно обґрунтованих параметрів на реалізацію даного проекту.

Висновки за розділом 4

- 1) Проаналізовано економічні передумови розвитку когенераційних установок (електричною потужністю від 0,5 до 8 МВт). Показано, що вони не вимагають значних капіталовкладень у порівнянні з іншими витратами на будівництво нових електростанцій. Так, наприклад, капіталовкладення на 1 кВт роботи КУ коштує близько

800\$ США у порівнянні з 1500\$ для класичних електростанцій.

- 2) Показано, що всебічна підтримка та гостра необхідність диверсифікації джерел електро- та теплопостачання в умовах війни актуалізує питання розвитку індивідуальних (малих) енергетичних установок. Це потребує стимулювання й інвестицій, як від державних органів влади, так і від закордонних партнерів (зацікавлених осіб, бізнесу тощо).
- 3) Впровадження КУ дозволить мінімізувати ризики виникнення кризових ситуацій та зупинки технологічних процесів переробки соняшнику і підвищить енергетичну безпеку олісекстракційного заводу ТОВ «Потоки».
- 4) За результатами економічних розрахунків встановлено, що термін окупності проекту становитиме близько 4 років, що є прийнятним показником для розвитку когенерації на підприємстві.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ

5.1. Загальні відомості про норми з техніки безпеки та охорони праці під час експлуатації когенераційної установки

Для введення в експлуатацію когенераційної установки необхідно дотримуватись вимог чинного законодавства [13]. Додатково, також, варто керуватись різними технічними нормативами щодо Правил технічної експлуатації електроустановок. Ці нормативи поширюються на різні джерела отримання електричної енергії під час роботи газотурбінних, бензинових та дизельних електрогенераційних установок потужність яких не перевищує 1МВт, що можуть бути застосовані у якості як основного так і резервного джерела живлення і працюють окремо від класичної електромережі. Когенераційна установка на підприємстві (ОЕЗ) в тому числі використовується для покриття базового теплового навантаження, що експлуатується паралельно з додатковим котлом для нагрівання води, що дозволяє покривати пікові навантаження. Таким чином КУ включена у загальнозаводську систему опалення та додатково подає тепло, забезпечує гаряче водопостачання або навіть може бути направлено на інших (додаткових) споживачів теплової енергії. Залежно від технологічного режиму та характеру споживання теплової енергії на підприємстві (та поза його межами), раціональним може бути застосування додаткових ємностей, що дозволяє збільшити час безперервної роботи КУ. Електричний струм, який виробляє когенераційна установка, використовується, як правило, лише для покриття власних технологічних потреб олієекстракційного заводу. Когенераційна установка може працювати в різних експлуатаційних режимах як автономного джерела енергогенерації так і паралельно з зовнішньою електромережею без скиду надлишків виробленої електроенергії. У момент часу запуску КУ повинні бути дотримані всі захисні заходи з

електробезпеки. До запуску комісією може бути допущена когенераційна установка, на якій повністю пройшли випробування та перевірені всі наявні пристрої захисту. Загальна інструкція з порядку вмикання автономної когенераційної електроустановки обов'язково повинна включати наступні складові елементи:

- список персоналу (перелік осіб), які мають допуск і право на експлуатацію, оперативних переговорів з персоналом електропостачальної організації та право на виконання своєчасних переключень мережі;

- наказ про призначення особи, що несе відповідальність за належний рівень технічного стану установки.

Для обслуговування когенераційної установки та забезпечення її надійного режиму роботи і справного технічного стану повинні бути назначені особи, що мають відповідну категорією з допуском до рівня електробезпеки, а також підготовлені згідно з вимогами правил технічної експлуатації електроустановок. У своїй діяльності працівники повинні керуватися вимогами та всією технічною документацією (регламентом) від виробника КУ, інструкцією щодо її обслуговування й експлуатації та інших нормативними документами затвердженими на державному та внутрішньому рівнях безпеки. На установку повинен бути встановлений відповідний регламент технічного обслуговування та періодичність всіх видів робіт (поточні, капітальні, позачергові та інші види ремонтів). Регламент експлуатації повинен передбачати:

- постійний візуальний огляд всіх елементів конструкції та обладнання;
- перевірку й випробування складових елементів електрообладнання, датчиків, пристроїв тощо;

- контроль за кріпленням елементів конструкції та обладнання;
- перевірку справності системи автоматизованого керування технологічним процесом та діагностику засобів вимірювальної техніки;

- своєчасну постійну заміну деталей та масла у процесі експлуатації;
- відновлення фарбових та інших видів покриття у разі їх зовнішнього

пошкодження;

Для кожного виду технічного обслуговування визначається термін з урахуванням документації. Огляд КУ, повинен проводитися не рідше ніж один раз на два-три місяці. Всі відомості про готовність пуску КУ та подальшої її експлуатації повинні оформлюватися належним чином в технічному журналі та відображатись на електричній схемі роботи установки.

Рекомендації при проектуванні когенераційних установок (Згідно з Правилами улаштування електроустановок (ПУЕ)). Для вирішення питань розвитку системи резервного енергогетування на підприємстві враховують ремонтні, аварійні та після аварійні режими її роботи. Для автоматичної фіксації та реєстрації всіх аварійних і аномальних процесів під час роботи КУ потрібно передбачати улаштування різноманітних цифрових багатоканальних реєстраторів аварійних сигналів (РАС) з аналоговими і дискретними входами, реєстрацією передаварійного і нормального експлуатаційного режимів з можливістю автоматичного передавання даних різними каналами телекомунікацій, у тому числі окремих або вбудованих в КУ пристрої технічного захисту. Кількість таких сигналів, що реєструється датчиками аварійних подій, вибирають залежно від технологічної схеми роботи КУ. Вибір кількості різноманітних реєстраторів повинен обґрунтовуватись необхідністю резервування запису певних параметрів у разі виведення з ладу одного з діючих РАС. Так наприклад, для розподільних пристроїв КУ з напругою до 1 МВт необхідно передбачити улаштування мінімум по одному реєстратору аварійних сигналів для кожної лінії. КУ повинна експлуатуватися і обслуговуватися лише досвідченим, навченим і атестованим персоналом. З метою уникнення нескоординованих дій обов'язки персоналу повинні бути чітко визначені та розподілені між всіма. Особлива увага повинна бути приділена діям обслуговуючого персоналу під час виникненні небезпечних та аварійних ситуацій. Комплектуючі та агрегати повинні забезпечуватись всіма

необхідними пристроями безпеки підприємством, що є виробником продукції. Не допускається демонтаж або зміна пристроїв безпеки без належного контролю та обґрунтування необхідності таких дій. Це може призвести до нанесення шкоди здоров'ю та життю обслуговуючого персоналу. У випадку виявлення несправностей під час щоденних оглядів працездатного стану КУ, обслуговуючий персонал повинен попередити про їх наявність і зміну характеру роботи агрегатів відповідну сервісну службу. На підприємстві завжди повинна бути забезпечена чистота і порядок на виробничому місці. У приміщенні, де розташовані генератори, забороняється складування та розміщення сторонніх предметів. Евакуаційні шляхи повинні бути завжди вільними, а схеми знаходитись у доступному (наглядному) місці розташування. Не допускається виконання будь-яких видів ремонтних або сервісних (обслуговуючих) робіт під час роботи генераторів КУ. Труба для відведення продуктів згоряння повинна бути герметичною.

Загальний перелік дій в умовах виникнення загрози або аварійних ситуацій, які можуть привести до нещасних випадків наступний:

- під час виникнення аварійної ситуації (поява диму, підвищена загазованість, загоряння, нетиповий шум та вібрація обладнання тощо) необхідно зупинити роботу та подачу електроенергії, вийти з небезпечної зони потенційного ураження, повідомити про ситуацію керівника експлуатаційної служби, терміново приступити до ліквідації аварійної ситуації відповідно до затвердженого плану ліквідації аварій.

- під час виникненні пожежі на КУ, що працюють під високим тиском необхідно користуватися вуглекислотними і порошковими вогнегасниками; за умови суттєвої пожежі та неспроможності її ліквідації підручними засобами (вогнегасниками) необхідно викликати службу ДСНС; поставити до відома керівника експлуатаційної служби, повідомити про пожежу на пост охорони підприємства; відчинити всі запасні виходи з будівлі та знеструмити електроживлення; організувати зустріч пожежної команди і

своєчасно покинувши територію займання знаходитися в безпечній зоні для подальшої евакуації. При гасінні пожежі необхідно пам'ятати про наступні умови застосування матеріалів: пісок застосовують при гасінні невеликих вогнищ горіння твердих і рідких речовин; азбестове полотно, брезент, кошму застосовують для гасіння невеликих поверхонь, що горять і одягу на людині.

- за умови ураження людини електричним струмом необхідно звільнити потерпілого від дії електричного струму, використовуючи засоби і матеріали, що володіють діелектричними властивостями; після цього варто оцінити загальний стан потерпілого та надати необхідну першу долікарську допомогу і викликати бригаду швидкої допомоги (або забезпечити транспортування потерпілого до лікарні).

- під час нещасного випадку необхідно негайно організувати потерпілому першу допомогу і, за необхідності, доставити його до медичної установи; після цього необхідно вжити невідкладних заходів щодо запобігання подальшого розвитку аварійної та/або будь-якої іншої надзвичайної ситуації, мінімізувати та виключити можливий вплив всіх травмуючих чинників на інших учасників процесу експлуатації КУ; для розслідування нещасного випадку варто зберегти початкову обстановку, якою вона була на момент події за умови, що це не загрожує життю і здоров'ю працівників та не призведе до подальшого погіршення ситуація (аварії) або виникнення інших надзвичайних обставин, а в разі неможливості виконати цієї вимоги – зафіксувати початкову обстановку (скласти схеми, фото, провести інші заходи тощо).

Під час експлуатації КУ безпосередньо на території підприємства необхідно також, виконати наступні заходи з техніки безпеки та охорони праці передбачивши наступне:

- 1) виконати огороження навколо КУ висотою щонайменше 1,5 м;
- 2) встановити захисне заземлення та блискавкозахист ($R_{\min}=10 \text{ Ом}$);

- 3) улаштувати сигналізацію та належний рівень освітлення для забезпечення видимості території підвищеної небезпеки;
- 4) розмістити відповідні попереджаючі знаки та плакати з вказанням «Обережно...», «Заборонено...» тощо;
- 5) виконати надійну ізоляцію всіх електросилових кабелів;
- 6) допускати до обслуговування лише персонал, що пройшов відповідну підготовку та має дійсні посвідчення допуску до небезпечних видів робіт;

Для індивідуального захисту робітників варто забезпечити:

- 1) захист органів дихання шляхом використання індивідуальних масок від дрібного пилу, золи та інших домішок;
- 2) захист від механічних пошкоджень шляхом використання рукавиць і спеціального вогнетривкого одягу;
- 3) захист голови шляхом постійного використання касок;
- 4) захист органів зору шляхом використання спеціальних окулярів;
- 5) захист органів слуху від надлишкового шумового забруднення;
- 6) захисне взуття, що дозволяє уникнути ураження струмом та має високі вогнестійкі властивості;
- 7) додаткові різноманітні захисні пристосування у вигляді ізолюючих килимків, індикатори тощо;
- 8) забезпечити у постійному працездатному стані пожежний щиток, необхідну кількість вогенгасників;
- 9) постійно проводити інструктажі з пожежної та електробезпеки з підтримкою у належному стані документації та покрокових інструкцій дій на випадок надзвичайних ситуацій;
- 10) мати затверджений та діючий план евакуації і ефективних дій на випадок пожеж і вибухів.

5.2. Електробезпека та блискавкозахист когенераційної установки

Зважаючи на підвищену електробезпеку об'єкту досліджень, обов'язкові умови забезпечення надійної його роботи повинні відповідати відсутності потенційної загрози життю та здоров'ю обслуговуючого персоналу. У зв'язку з цим проводимо необхідний розрахунок захисного заземлення. Очікувану кількість уражень визначаємо за формулою:

$$N = [(B+6h) \cdot (L+6h) - 7.7 \cdot h^2] \cdot n \cdot 10^{-6}, \quad (5.1)$$

де, h – висота об'єкту, м; L – довжина споруди, м; B – ширина споруди, м; n – щільність ударів блискавки на 1 км^2 території за рік.

$$N = [(4+6 \cdot 6) \cdot (8+6 \cdot 6) - 7.7 \cdot 6^2] \cdot 4,35 \cdot 10^{-6} = [40 \cdot 44 - 272] \cdot 4,35 \cdot 10^{-6} = 0,0065$$

Оскільки орієнтовні розміри будівлі у плані становлять 6×8 м, то доцільним способом захисту буде закріплення блискавкоприймача загальною висотою близько 10 м на краю споруди. Також додатково необхідно передбачати встановлення мінімум двох заземлювачів. Вони складаються з вертикальних електродів довжиною 3 і більше метрів, що об'єднані між собою горизонтальними полосами (рис. 5.1).

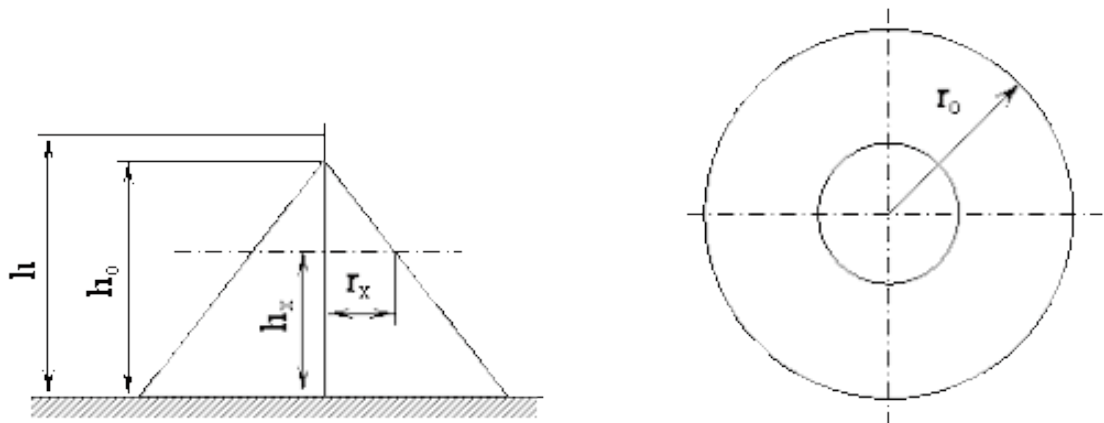


Рисунок 5.1 – Схема улаштування блискавкозахисту когенераційної установки
(з мережі *Internet*)

5.3. Охорона навколишнього природного середовища

Оцінка впливу будь-яких виробничих процесів на різні компоненти довкілля є обов'язковою складовою діяльності підприємства [15, 16].

Згідно попередніх досліджень [19], зола (осередкові залишки), що отримуються у процесі газифікації соняшникового лушпиння, містить наступні хімічні елементи (токсичні, кольорові, рідкісні і важкі метали (табл. 5.1). На відміну від класичних технологій енергогенерації за рахунок використання викопних корисних копалин, зола та продукти газифікації лушпиння соняшника, не містять шкідливих речовин в кількостях, що перевищують ГДК. Таким чином її потенційно можна використовувати також як сорбент для очищення і розділення різних газів і рідин.

Таблиця 5.1

Вміст шкідливих речовин (металів) у золі соняшника

№	Найменування елемента	Масова частка елемента, %
1	Свинець	0,003
2	Титан	0,065
3	Марганець	0,06
4	Барій	0,045
5	Стронцій	0,03
6	Цинк	0,0065
7	Миш'як	0,005
8	Мідь	0,004
9	Нікель	0,002
10	Хром	0,0015
11	Літій	0,001
12	Кадмій	0,001
13	Олово	0,0003
14	Кобальт	0,0003

Низький рівень зольності (орієнтовно 5%) дозволяє утримувати місця складування брикетів та пелетів з соняшникового лушпиння у відносній чистоті. Більше того, цю золу можна використати як органічне добриво у сільському господарстві, оскільки вона містить мінерали та корисні компоненти.

Додатковим чинником екологічно чистої технології використання ВРС олісекстракційних заводів є те, що під час формування біопалива не використовуються синтетичні добавки та шкідливі хімічні сполуки. Процес пресування відбувається в умовах високих температур, що обумовлює спікання біомаси. Завдяки цьому в атмосферу практично не виділяється небезпечні (токсичні) речовини, які можуть зашкодити довкіллю чи здоров'ю людей (обслуговуючого персоналу). Також досить незначними є видики парникових газів (CO₂). Це повністю узгоджується зі стратегічними планами України по декарбонізації.

В цілому ж, зола, а точніше осередкові залишки, газифікації лушпиння соняшника не містять шкідливих речовин в кількостях, що перевищують ГДК, і тому її можна використовувати як сорбент для очищення і розділення різних газів і рідин.

Також відмітимо, що за результатами наших розрахунків (див. табл.3.2, та рис. 3.3) при повному завантаженні роботи КУ протягом 330 робочих днів на рік кількість утвореної золи становитиме:

$$Z_{\min} = 69 \text{ кг/год} = 1656 \text{ кг/добу} = 546 \text{ т/рік}$$

$$Z_{\max} = 115 \text{ кг/год} = 2760 \text{ кг/добу} = 910 \text{ т/рік}$$

Висновки за розділом 5

- 1) Наведені загальні відомості щодо норм з техніки безпеки та охорони праці під час проектування та експлуатації когенераційної установки.
- 2) Перелічені регламентні норми експлуатації та загальний перелік дій в умовах виникнення загрози або аварійних ситуацій, які можуть привести до нещасних випадків.
- 3) Обґрунтовані параметри електробезпеки для улаштування блискавкозахисту КУ.
- 4) Проаналізовані питання щодо негативних впливів внаслідок роботи КУ та заходи з охорони навколишнього природного середовища.
- 5) За результатами розрахунків встановлено, що річний обсяг утворення відходів (золи) становитиме від 546 т/рік до 910 т/рік.

ВИСНОВКИ

За результатами виконання основних завдань кваліфікаційної роботи можна сформулювати наступні висновки:

- 1) Проаналізовані поняття безвідходних та маловідходних виробництв та визначені перспективні напрями розвитку таких технологічних циклів у масложировій промисловості. Наведені основні заходи щодо економічного стимулювання раціонального використання вторинних сировинних ресурсів (ВСР).
- 2) Під час переробки насіння олійних культур і виробництва рослинної олії утворюються наступні види ВСР: соняшникове лушпиння, макуха, шрот, фосфатні концентрати, соапсточні жири, погони дезодорації, відпрацьований фільтрувальний порошок і каталізатор, содові розчини, гудрон та стічні води.
- 3) Наведено загальну характеристику кількісних та якісних показників складу вторинних сировинних ресурсів і відходів виробництва олії соняшnikової, що обґрунтовує можливість використання соняшnikового лушпиння як паливо. При цьому 1 кг лушпиння виділяє при згоранні 3500-4300 Ккал, тобто еквівалент 4-5 кВт·год електроенергії.
- 4) Оцінено потенційні можливості використання відходів переробки соняшнику як альтернативного джерела отримання енергії в Україні. Показані проблеми та переваги запровадження біоенергетичних технологій в умовах військових дій та повоєнний період відбудови України під час утилізації відходів. Серед основних побічних продуктів харчової промисловості найбільший потенціал припадає на жом цукрових буряків (31,3%) та макуху/шрот соняшниковий (31,0%). При цьому загальний потенціал України оцінюється у близько 650-700 млн нмСН₄/рік.
- 5) Загальна характеристика об'єкту досліджень та перелік продукції

олієекстракційного заводу ТОВ «Потоки» включає:

- загальна виробнича потужність – 1400 т/добу, в т.ч.:
 - олії соняшникової – 600 т/добу;
 - протеїнового концентрату – 450 т/добу;
 - лузга соняшнику (пресована, гранульована) – 350 т/добу.

- 6) Визначено, що для переробки 1 т насіння соняшнику потрібно близько 60 кВт електроенергії, ще 70 кВт для формування 1 тони брикетів (гранул, пелетів). Таким чином загальна потерба заводу може бути оцінена у 125 МВт/добу (5,2 МВт/год).
- 7) Визначено, що розрахункова потужність власного виробництва палетів з лузги соняшника складає 350 т/добу. Таким чином, енергетична теплотворність цих ВРС може сягати 2030 МВт·доб. З отриманих результатів оцінено, що підприємство повністю здатне задовольнити внутрішні потреби шляхом енергогенерації.
- 8) Для отримання необхідної кількості енергії розрахункова потреба пелетів (з лузги соняшника) становить 0,9 т/год. З урахуванням коефіцієнтів корисної дії та відсоткового розподілу отриманих електричної та теплової енергії обсяг палива може бути збільшений до 2,5 т.
- 9) З урахуванням показника різної теплотворності пелетів виконаний розрахунок декількох варіантів роботи установки та визначені обсяги продуктів згоряння і викидів сірки у атмосферне повітря. Ці порівняння виконані, також, за різних рівнів забезпечення КУ потреб у енергогенерації (обсягами 100; 75; 50 та 25% від загальної потреби).
- 10) Виконано обґрунтування вибору та конструкції когенераційної установки. Наведені технічні характеристики установки та конструктивні параметри її роботи. Прийнятим варіантом є встановлення КУ Vitoblok 200 EM-401/575 від фірми Viessmann.
- 11) Проаналізовано економічні передумови розвитку когенераційних установок (електричною потужністю від 0,5 до 8 МВт). Показано, що вони не вимагають значних капіталовкладень у порівнянні з іншими

витратами на будівництво нових електростанцій. Так, наприклад, капіталовкладення на 1 кВт роботи КУ коштує близько 800\$ США у порівнянні з 1500\$ для класичних електростанцій.

- 12) Показано, що всебічна підтримка та гостра необхідність диверсифікації джерел електро- та теплопостачання в умовах війни актуалізує питання розвитку індивідуальних (малих) енергетичних установок. Це потребує стимулювання й інвестицій, як від державних органів влади, так і від закордонних партнерів (зацікавлених осіб, бізнесу тощо).
- 13) Впровадження КУ дозволить мінімізувати ризики виникнення кризових ситуацій та зупинки технологічних процесів переробки соняшнику і підвищить енергетичну безпеку олієекстракційного заводу ТОВ «Потоки».
- 14) За результатами економічних розрахунків встановлено, що термін окупності проекту становитиме близько 4 років, що є прийнятним показником для розвитку когенерації на підприємстві.
- 15) Наведені загальні відомості щодо норм з техніки безпеки та охорони праці під час проектування та експлуатації когенераційної установки. Перелічені регламентні норми експлуатації та загальний перелік дій в умовах виникнення загрози або аварійних ситуацій, які можуть привести до нещасних випадків. Обґрунтовані параметри електробезпеки для улаштування блискавкозахисту КУ.
- 16) Проаналізовані питання щодо негативних впливів внаслідок роботи КУ та заходи з охорони навколишнього природного середовища.
- 17) За результатами розрахунків встановлено, що річний обсяг утворення відходів (золи) становитиме від 546 т/рік до 910 т/рік.

БІБЛІОГРАФІЯ:

1. Герасимов О.І. Теоретичні основи технологій захисту навколишнього середовища: навчальний посібник. Одеса: ОДЕУ, 2018, 228 с.
2. Петрук В.Г., Васильківський І.В., Петрук Р.В., Крусір Г.В., Клименко М.О., Сакалова Г.В. Технології захисту навколишнього середовища. Ч. 4. Технології поводження з відходами харчових виробництв: підручник / Херсон: Олді-плюс, 2019, 520 с.
3. Василенко І.А., Півоваров О.А., Трус І.М., Іванченко А.В. Урбоекологія. Дніпро: Акцент ПП, 2017, 309 с.
4. Кириленко, О. В., Снежкін, Ю. Ф., Басок, Б. І., & Базєєв, Є. Т. (2022). Енергетика України: ймовірні сценарії відновлення та розвитку. *Вісник національної академії наук України*, (9), 22–37. <https://doi.org/10.15407/visn2022.09.022>
5. World biogas association. <https://www.worldbiogasassociation.org/>
6. Bioenergy clusters: a recipe for sustainable urban development. <https://www.epravda.com.ua/columns/2023/01/25/696334/>
7. Geletukha, G., Kucheruk, P., Matveev, Yu., (2022). Prospects of biomethane production in Ukraine. *UABIO*, 29. Retrieved from: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2022/09/UA-Position-paper-UABIO-29.pdf>
8. Зубко В.М., Соколік С.П. (2017). Аналіз технологій та технічних засобів для використання відходів виробництва соняшнику в якості біопалива. *Інженерія природокористування*, №1(7), 6–10.
9. Філоненко В.М. Когенерація. 108 с. Доступно за посиланням: <https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/8461ff89-1307-4582-ab6b-a07b2e5ac58c/content>
10. Stepanov, D. V., & Rezydent, N. V. (2023). Efficiency of Gas-Piston Cogeneration Facilities in the Systems of Centralized Heat Supply. *Visnyk of*

- Vinnitsia Politechnical Institute*, 167(2), 36–41. <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2023-167-2-36-41>
11. Каталог продукції фірми Viessmann. Когенераційні установки Vitoblok. Режим доступу: <http://surl.li/uiggk>
 12. Юдін М.А. (2011). Перспективи використання когенераційних установок для підтримання економічної безпеки держави. *Економічний вісник Донбасу* № 3(25), 193-197.
 13. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку проведення кваліфікації когенераційної установки» від 15 грудня 2023 р. № 1316. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1316-2023-%D0%BF#Text>
 14. Наказ Міненерговугілля України від 21.07.2017 №476 «Про затвердження правил улаштування електроустановок».
 15. Шахова А. В. Екологічна оцінка утворення та утилізації відходів на підприємствах ТОВ «Оптімус агро Трейд» в межах Дніпропетровської та Запорізької областей: магістерська дипломна робота: 101, Екологія. Дніпровський державний аграрно-економічний університет, факультет водогосподарської інженерії та екології, кафедри екології. Дніпро, 2020, 112 с. Режим доступу: <http://dspace.dsau.dp.ua/jspui/handle/123456789/3807>
 16. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС). ДБН А.2.2-1:2021. Київ Міністерство розвитку громад та територій України, 2022, 26 с.
 17. Лакіза О.В., Руднева Л.Л., Чурсінов Ю.О., Демідов І.М. (2011). Застосування відходів переробки насіння соняшнику. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*, №2, 14-16.
 18. Баранник, К. В., & Волошин, М. Д. (2017). Аналіз використання соняшникового лушпиння у якості палива. *Збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету*. Технічні науки, (1), 157-160.

19. Годована П.Д. Аналіз екологічних аспектів утилізації соняшникового лушпиння як відходів виробництва: кваліфікаційна робота магістра зі спеціальності 183 Технології захисту навколишнього середовища. Полтава: Національний університет ім. Юрія Кондратюка, 2023, 115 с.
20. Васільєва, Л. М., Мачак, Т. О. (2015). Ефективність використання побічної продукції при переробці насіння соняшнику. *Вісник Одеського національного університету*. Серія: Економіка, (20, Вип. 1 (1)), 80-84.