

представлено на рис. 3, а і 3, б. На рис. 3, в та 3, г показано залежності максимальної температури газу, яка досягається під час наповнення ділянки з DN=1400 мм магістрального газопроводу газом, від довжини наповнюваної ділянки із перепадом тиску 7,5 і 2,0 МПа, а також від перепаду тиску для наповнюваної ділянки довжиною 30 км.

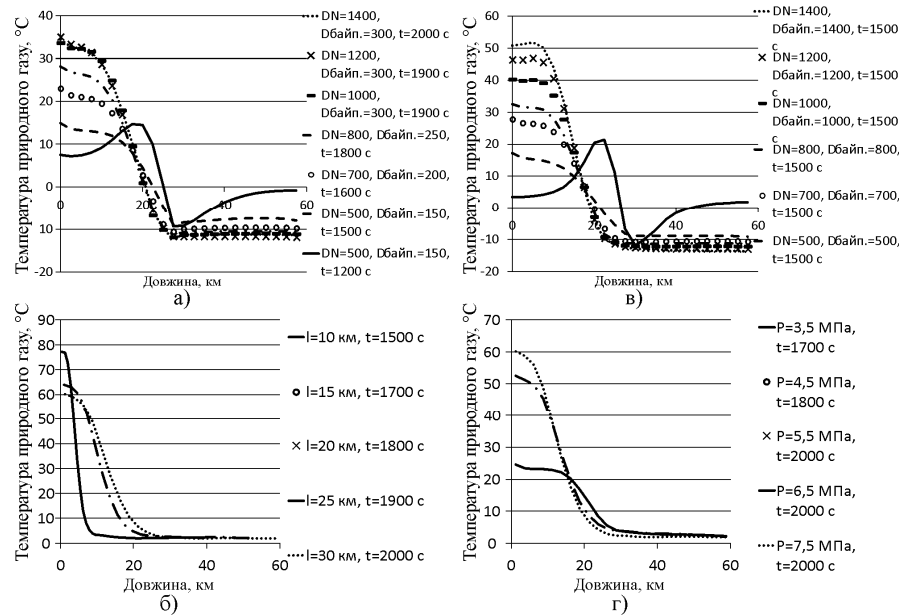


Рис. 3. Номограми для визначення максимальної зміни температури газу під час перепускання газу між ділянками: а) через лінійний кран; б) через байпасний кран; в) через лінійний кран залежно від довжини наповнюваної ділянки; г) через лінійний кран залежно від перепаду тиску між ділянками

**Висновки.** Як свідчать результати розрахунку, гіпотеза щодо зміни температури газу у газопроводі під час його наповнення підтверджується. Отримані залежності дають підстави зробити висновок про те, що номограми, побудовані для найгірших умов перепускання газу, можуть бути орієнтирними даними для експлуатуючих організацій для проведення перепускання з безпекою стосовно перевищення температури газу у газопроводі вище допустимого значення. Водночас, згідно з рис. 3, в існує висока небезпека значного підвищення температури газу в разі швидкого наповнення короткої (значно коротшої 30 км) ділянки газопроводу продуктом під високим тиском, що може призвести до нагрівання стінок трубопроводу, а також розм'якшення та порушення суцільності захисного ізоляційного покриття трубопроводу.

### Література

1. Магистральные трубопроводы. СНиП III-42-80. – [чинний від 1981-01-01]. – М. : Госстрой СССР, 1981. – 43 с. – (Будівельні норми та правила).
2. Тугунов П.И. Гидродинамические и тепловые процессы при испытании магистральных газопроводов / П.И. Тугунов, Б.Л. Кривошеин, Ю.В. Колотилин // Газовая промышленность. Обзорная информация. – Сер.: Транспорт и хранение газа. ВНИИЭгазпром. – 1986. – 253 с.

3. Кутынский Я.М. О температурном феномене в газопроводах / Я.М. Кутынский // Нефть и газ : сб. науч. тр. – 1993. – № 2. – С. 25-27.
4. Магистральные трубопроводы: СНиП 2.05.06-85. – [чинний від 1985-03-18]. – М. : ГУП ЦПП, 1997. – 70 с. – (Будівельні норми та правила).
5. Мельниченко Ю.Г. Прогнозирование нестационарных процессов в складных газотранспортных системах при аварийных ситуациях : дис. ... канд. техн. наук: спец. 07.07.10 / Мельниченко Юрий Гримиславович. – Ивано-Франківськ, 2010. – 152 с.
6. Охорона праці. Вогневі роботи. Інструкція: СОУ 60.3-30019801-073:2012. – [чинний від 2012-09-10]. – К. : ДК "УКРТРАНСГАЗ", 2012. – 96 с.

### Мельниченко Ю.Г. Определение допустимого температурного режима наполнения участков магистральных газопроводов природным газом

Проведен обзор исследований по изучению закономерностей наполнения участков газопроводов газом. Предложена математическая модель нестационарного неизо-термического движения газа при наполнении участка газопровода. Установлена вероятность повышения температуры газа выше допустимого значения, что может стать причиной разрушения изоляционного покрытия и возникновения аварийных ситуаций на магистральных газопроводах. Исследовано влияние характеристик процесса на значение максимальной температуры газа при наполнении участков магистральных газопроводов. Разработаны номограммы для практического использования полученных результатов в условиях производства.

**Ключевые слова:** магистральный газопровод, нестационарный неизо-термический процесс, моделирование, температура газа.

### Melnichenko Yu.G. Defining the Acceptable Temperature Conditions for Pressure Elevation in Main Gas Pipeline Sections

A review of researches related to the study of the process of pressure elevation during filling the section of main gas pipelines is presented. A mathematical model of transient non-isothermal gas flow, which appears during the filling of main gas pipeline, is proposed. The probability of increasing the gas temperature above the acceptable degree that may result in the destruction of the insulation coating of the main gas pipelines as well as emergency situations may occur. The dependence between the degree of increasing inner product temperature and values of corresponding characteristics was researched. The number of nomograms for industrial use of the provided research results was developed.

**Keywords:** main gas pipeline, transient non-isothermal process, modelling, natural gas temperature.

УДК 338.43:620.91(045)

Доц. О.В. Сидоров, канд. техн. наук;  
студ. А.І. Каліновська; студ. І.Ю. Кравченко –  
Національний авіаційний університет, м. Київ

### ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В ЧИГИРИНСЬКОМУ РАЙОНІ

Розглянуто особливості застосування технологій альтернативної енергетики на території Чигиринського району Черкаської області. Проаналізовано сприятливість природних умов та інфраструктури Чигиринського району для впровадження альтернативних джерел енергії. Представлено результати розрахунків енергетичної та економічної ефективності впровадження альтернативних джерел енергії (вітрова та сонячна енергія, біогаз, відходи сільського та лісового господарств) та оцінено перспективність їх впровадження для цього району. Виконано SWOT-аналіз використання вітрогенераторів, сонячних батарей, біогазових установок та відходів сільського та лісового господарства як палива в альтернативній енергетиці району.

**Ключові слова:** альтернативна енергетика, вітрова енергія, сонячна енергія, біогаз, відходи.

**Вступ.** Відомо, що традиційні сектори енергетики, такі як ТЕС, АЕС, ГЕС характеризуються значним навантаженням на навколишнє природне середовище та становлять велику небезпеку. Другою, але не менш значущою проблемою, є вичерпність ресурсів паливної енергетики. Варто зазначити, що протягом останніх століть енергетична безпека держави стала однією з визначальних складових системи державної безпеки для будь-якої країни.

Одним із шляхів вирішення перерахованих вище проблем та загроз на сьогодні стала альтернативна енергетика. Невичерпність її ресурсів, варіативність масштабів застосування, доступність її джерел, екологічність роблять її одним з найпривабливіших способів екологізації енергетики та її диверсифікації. На сьогодні, на думку вчених, Україна володіє значними резервами для розвитку альтернативної енергетики, яка в майбутньому, знову ж таки за їх прогнозами, має стати однією з провідних галузей енергетики України, сприяючи її економічному сталому розвитку. Одним із завдань, які потрібно вирішити задля цього, є якомога максимальне поширення альтернативної енергетики на регіональних рівнях. Саме питання оцінювання перспективності вирішення цього завдання на території Чигиринського р-ну Черкаської обл. порушено у цьому дослідженні.

**Мета та завдання дослідження.** Мета роботи – проаналізувати можливість та доцільність впровадження альтернативних джерел енергії на території Чигиринського району та оцінити їх енергетичну та економічну ефективність в умовах району.

Для реалізації поставленої мети сформульовано такі завдання: оцінити сприятливість природних умов та інфраструктури Чигиринського р-ну для розвитку конкретних галузей альтернативної енергетики, проаналізувати можливість впровадження різних видів альтернативної енергетики на території району та оцінити перспективи їх впровадження.

**Результати дослідження та їх аналіз.** Аналізуючи природні умови та господарства Чигиринського р-ну, виявлено, що на території району наявні необхідні умови для впровадження технологій отримання сонячної і вітрової енергії та біогазу, тому саме впровадження цих видів альтернативної енергетики є предметом розгляду в цій роботі.

Під час аналізу можливості застосування джерел вітрової енергії на території Чигиринського р-ну розглянуто кілька варіантів її впровадження. Перший – встановлення для кожного домогосподарства у селах району персонального мікровітроджерела F300 [1]. Встановлений на висоті 10 м, за середньої швидкості вітру 4,5 м/с на такій висоті, згідно з виконаними розрахунками, він здатен виробити близько 1000 кВт·год електроенергії за рік. Разом, по всьому району, такі вітрогенератори можуть давати близько 5900 МВт·год електроенергії.

Другий варіант – встановлення групи міні-вітроджерел у кожному селі в кількості, достатній для покриття енерговитрат усього села. Серед міні-вітроджерел, представлених на ринку, обрано модель Верано ДПВ 32 [2]. Для кожного села розраховано необхідну кількість вітрогенераторів цієї моделі. Виходячи з енерговитрат сіл району, для їх забезпечення необхідне встановлення 3069 вітрогенераторів Верано ДПВ 32 на території сіл району, кожен з яких, встановлений на висоті 29 м, здатен генерувати до 105 МВт·год за рік.

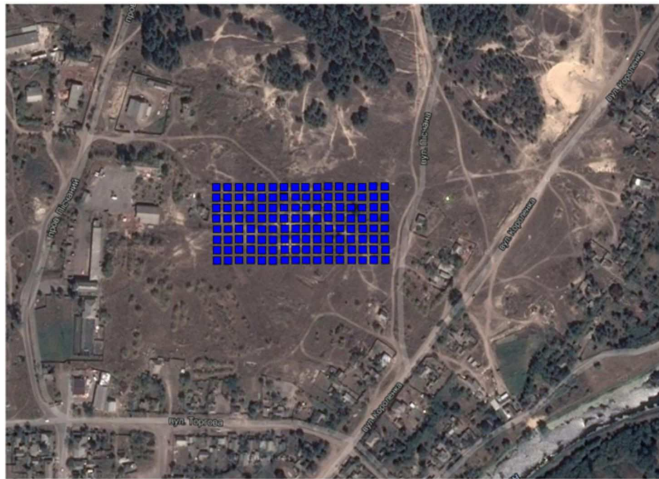
Також окремо розглянуто варіант встановлення вітроелектростанції для генерації електроенергії централізовано для потреб всього району. Оскільки майже вся територія району зайнята лісами, сільськогосподарськими розораними землями, то єдиним можливим місцем для встановлення такої вітроелектростанції були прибережні до Дніпра території полишеного селища Орбіта, на території біля недобудованої Чигиринської АЕС (рис. 1).



*Рис. 1. Схема проекту розташування вітрогенераторів на території біля недобудованої Чигиринської АЕС*

Розрахунки показали, що на місцевості, придатній до встановлення вітроелектростанції (її позначено трапецією), можна встановити до 45 промислових вітрогенераторів ТГ 1000 [3]. Оскільки мінімальний проміжок між вітряками має бути не менший за їх потрібну висоту, то місце розміщення кожного вітрогенератора позначено на рис. 1 колом радіусом 75 м із вітрогенератором у центрі кола. Кожен з таких вітрогенераторів, виходячи з умов місцевості, має виробляти близько 4000 МВт·год електроенергії на рік. Під час аналізу можливості впровадження джерел сонячної енергії розглянуто також три варіанти. Перший – встановлення 4 сонячних батарей у кожному домогосподарстві для часткового компенсування енерговитрат. Для розрахунків обрано фотомодулі Altek ACS-140D [4]. Завдяки цим фотомодулям, кожне домогосподарство може компенсувати до 72 кВт·год електроенергії на рік. Разом же, по всьому району, ця величина буде становити до 431 МВт·год електроенергії.

Другий варіант – встановлення комплексу сонячних батарей на території міста Чигирин для часткової компенсації його витрат електроенергії. Єдиним придатним місцем для встановлення сонячних батарей є територія площею 20 000 м<sup>2</sup>, між вулицями Торгова та Короленка, на якій немає житлових будинків та не ведеться господарська діяльність (рис. 2). Згідно з розрахунками, на цій території можна встановити 128 сонячних систем, кожна з яких буде складатися з 66 фотомодулів LDK-230P-20 [5] із загальними розмірами 10 × 10,2 м та генерувати близько 16,5 МВт·год на рік. Загалом, усі 128 систем будуть виробляти до 2119 МВт·год на рік.



**Рис. 2. Схема проекту розміщення сонячних батарей у Чигирині між вулицями Торгова та Короленка**

Третій варіант – встановлення сонячних систем на території недобудованої Чигиринської АЕС, поряд із територією можливого розміщення вітроелектростанції. Запропонована територія для встановлення сонячних батарей позначена трикутником та дає змогу розмістити до 340 сонячних комплексів, що будуть мати аналогічні розміри, як у попередньому випадку, та аналогічну кількість фотомодулів LDK-230P-20 (рис. 3). Ця кількість комплексів фотомодулів здатна виробляти до 5630 МВт·год на рік.



**Рис. 3. Схема проекту розміщення сонячних батарей на території недобудованої Чигиринської АЕС**

Однією з альтернативних технологій енергозабезпечення району є отримання біогазу та його спалювання задля отримання електро- та теплоелектроенергії. На території району розглянуто три шляхи отримання біогазу. Тварин-

ницькі господарства району можуть забезпечити отримання близько 2,8 млн м<sup>3</sup> біогазу, що дасть змогу отримати близько 6700 МВт·год на рік електроенергії та 7000 МВт·год на рік теплової електроенергії [6]. Завдяки стічним водам Чигирин можна отримувати за рік до 20 тис. м<sup>3</sup> біогазу, що внаслідок спалення дадуть 56,1 кВт·год електричної енергії, та 58,5 кВт·год теплової електроенергії [6]. Завдяки районному полігону ТПВ у селищі Чернече можна отримувати до 2155 МВт·год електричної і 2245 МВт·год теплової електроенергії на рік, у перерахунку на 900 тис. м<sup>3</sup> біогазу [6].

Значний потенціал у Чигиринському р-ні зі заміщення видобувних видів палива міститься у використанні відходів сільського та лісового господарств. Проведені розрахунки показали, що економічний потенціал використання соломи як палива становить 6,24 тис. т умовного палива, а лушпиння соняшника – 0,61 тис. т умовного палива [6]. Економічний потенціал відходів лісового господарства становить близько 4 тис. т умовного палива для Чигиринського р-ну [6].

Оцінювання перспектив впровадження джерел вітрової енергії на території Чигиринського р-ну засвідчило, що із урахуванням нинішніх цін на електроенергію встановлення мікровітрогенератора в домогосподарстві окупиться через 10 років. Розрахунки окупності встановлення мережі міні-вітрогенераторів у селах показали, що завдяки можливості в такому випадку передачі виробленої електроенергії в централізовану енергомережу та встановленні зеленого тарифу на вироблену електроенергію, термін окупності знижується до 4 років. Аналогічно, завдяки зеленому тарифу, розрахована окупність вітроелектростанції, що складається з 45 промислових вітрогенераторів, буде становити до 8 років. Окрім розрахунків окупності, також проведено SWOT-аналіз застосування вітрової енергетики та інших галузей альтернативної енергетики у Чигиринському р-ні (табл. 1-5).

**Табл. 1. SWOT-аналіз отримання електроенергії у Чигиринському р-ні завдяки використанню вітрогенераторів**

Сильні сторони	Слабкі сторони
<ul style="list-style-type: none"> <li>Загальнодоступність і невичерпаність джерела енергії</li> <li>Відсутність затрат на паливо</li> <li>Простота використання</li> <li>Екологічно чистий вид енергії</li> <li>Ергономіка</li> <li>Відновлювана енергія</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Великі грошові затрати</li> <li>Територіальна залежність</li> <li>Сезонність</li> <li>Необхідність великих ділянок території для розміщення вітрових електростанцій</li> <li>Нестабільність</li> <li>Відносно невисокий вихід електроенергії</li> <li>Небезпека для дикої природи</li> <li>Шумове забруднення</li> </ul>
Можливості	Загрози
<ul style="list-style-type: none"> <li>Комплексне використання з сонячною установкою</li> <li>Зниження податкового навантаження, внаслідок застосування "зеленого тарифу"</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Неможливість точно спрогнозувати кількість виробітку енергії, в зв'язку зі зміною кліматичних умов</li> </ul>

Оцінювання перспектив впровадження сонячної енергетики на території району показало, що через низькі обсяги виробленої електроенергії та достатньо високу ціну обладнання сонячних батарей, окупність встановлення у домогосподарстві 4 сонячних батарей для власника буде становити декілька сотень років. Аналізуючи економічну доцільність встановлення сонячної елек-

тростанції на території міста Чигирин, з'ясовано, що з урахуванням зеленого тарифу окупність цієї електростанції буде становити близько 70 років. Окупність сонячної електростанції на території недобудованої Чигиринської АЕС, знову ж таки, з урахуванням зеленого тарифу буде становити також близько 70 років.

**Табл. 2. SWOT-аналіз отримання енергії завдяки використанню сонячних батарей**

Сильні сторони	Слабкі сторони
<ul style="list-style-type: none"> <li>Загальнодоступність і невичерпність джерела енергії</li> <li>Модульність фотоелектричної системи</li> <li>Простота використання</li> <li>Теоретично, повна безпека для довкілля</li> <li>Безкоштовне джерело енергії</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Великі грошові затрати</li> <li>Територіальна залежність і сезонність</li> <li>Необхідність великих ділянок для розміщення сонячної електростанції</li> <li>Кліматичні особливості</li> <li>Залежність від часу доби</li> </ul>
Можливості	Загрози
<ul style="list-style-type: none"> <li>Комплексне використання з вітроенергетичною установкою</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Неможливість точно спрогнозувати кількість виробітку енергії, у зв'язку зі зміною кліматичних умов</li> </ul>

**Табл. 3. SWOT-аналіз отримання енергії завдяки використанню біогазу**

Сильні сторони	Слабкі сторони
<ul style="list-style-type: none"> <li>Доступність сировини</li> <li>Технологічна гнучкість</li> <li>Неперервність технологічного циклу</li> <li>Екологічний фактор</li> <li>Отримання високоякісних добрив</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Великі грошові затрати</li> <li>Постійне і безперервне постачання сировини</li> <li>Транспортування біомаси до місця перероблення</li> <li>Залежність від природних умов</li> </ul>
Можливості	Загрози
<ul style="list-style-type: none"> <li>Створення власної технології</li> <li>Комплексне використання біогазової установки</li> <li>Плата за зменшення викидів вуглекислого газу</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Зменшення обсягів виробництва продовольчої продукції</li> <li>Негативний вплив енергетичних культур на ґрунти</li> </ul>

**Табл. 4. SWOT-аналіз використання відходів сільського господарства в альтернативній енергетиці Чигиринського р-ну**

Сильні сторони	Слабкі сторони
<ul style="list-style-type: none"> <li>Утилізація відходів</li> <li>Розвиток сільського господарства</li> <li>Великі потенційні запаси</li> <li>Покращення екологічного стану району</li> <li>Різноманітність енергоцінних культур</li> <li>Відновлюваність</li> <li>Створення нових робочих місць</li> <li>Зменшення енергетичної залежності</li> <li>Великий потенціал</li> <li>Різноманітність застосування</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Конкуренція на ринку</li> <li>Ерозія ґрунтів</li> <li>Транспортування біомаси до місця перероблення</li> <li>Недостатня підтримка з боку держави</li> <li>Залежність від природних умов</li> </ul>
Можливості	Загрози
<ul style="list-style-type: none"> <li>Зменшення собівартості впровадження нових технологій</li> <li>Практична відсутність конкурентів</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Обмежений асортимент продукції</li> <li>Несприятливі природні умови, які знижують якість продукції</li> </ul>

Використання відходів сільського господарства як палива дає змогу зекономити в перерахунку близько 5,3 млн м<sup>3</sup> природного газу. Відходи лісового господарства Чигиринського р-ну дають змогу зекономити близько 3,4 млн м<sup>3</sup> природного газу.

**Табл. 5. SWOT-аналіз використання відходів лісового господарства в альтернативній енергетиці Чигиринського р-ну**

Слабкі сторони	Сильні сторони
<ul style="list-style-type: none"> <li>Наявність лісосировинної бази</li> <li>Низька собівартість продукції</li> <li>Висока кількість обороту вкладених коштів</li> <li>Гарантований збут продукції</li> <li>Можливість збуту продукції впродовж цілого року</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Відсутність стабільності у виготовленні задовільно якісної продукції</li> <li>Високий ступінь зношення устаткування</li> <li>Відсутність складських приміщень для зберігання тріски</li> </ul>
Можливості	Загрози
<ul style="list-style-type: none"> <li>Зменшення собівартості впровадження нових технологій</li> <li>Практична відсутність конкурентів</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Обмежений асортимент продукції</li> <li>Несприятливі природні умови, які знижують якість продукції</li> </ul>

Оцінювання окупності встановлення біогазових установок показало, що встановлення таких установок на тваринницьких господарствах успішно окупиться за 3 роки, а встановлення аналогічних установок на станції стічних вод та на полігоні твердих побутових відходів окупиться за один рік.

**Висновки.** Внаслідок проведеного дослідження зроблено такі висновки:

1. Результати аналізу природних умов та господарської діяльності на території Чигиринського р-ну щодо перспективності впровадження окремих галузей альтернативної енергетики засвідчили, що на території району найбільш сприятливі передумови склались для розвитку сонячної і вітрової енергетики та отримання біогазу.

2. Розрахунки показали, що вітрова енергетика є одним з найбільш перспективних напрямів альтернативної енергетики для впровадження на території Чигиринського р-ну з огляду на достатньо великі об'єми електроенергії, що генеруються вітроелектростанціями, та на порівняно малий термін окупності капіталовкладень. З економічної точки зору, найбільш доцільним є встановлення груп промислових або міні-вітрогенераторів порівняно з експлуатацією мікро-вітрогенераторів у приватних домогосподарствах.

3. Малі об'єми електроенергії, що виробляються сонячними батареями, та достатньо висока вартість капіталовкладень при їх впровадженні зумовлюють дуже великий термін їх окупності, що зводить нанівець перспективність їх використання у Чигиринському р-ні в умовах нинішньої економічної кризи.

4. Отримання біогазу як супутньої технології поводження з відходами (відходи тваринництва, тверді побутові відходи та стічні води) є перспективним напрямом альтернативної енергетики для Чигиринського р-ну з огляду на великі об'єми електроенергії, що можна отримувати внаслідок спалення біогазу, та на дуже малі терміни окупності витрат на встановлення біогазових установок.

5. Використання відходів сільського та лісового господарства як палива для котелень є дуже перспективним з огляду на потреби імпортозаміщення природного газу, оскільки згідно з проведеними розрахунками ці відходи в ролі палива здатні замінювати близько 9 млн м<sup>3</sup> природного газу на території Чигиринського р-ну.



## Література

1. Загальні характеристики мікровітроденергатора F300. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://vyshgorod.all.biz/vetrogenerator-f-300-g400823#.VRLk4fysXz4>.
2. Загальні характеристики мінівітроденергатора Верано ДПВ 32. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://avtonom.com.ua/alternativnaya-energetika/vetrogenerator-vertikalny-verano-dpv-32.html>.
3. Загальні характеристики вітрогенератора ТГ1000. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.vetryak.com.ua/wind-turbines/vetrogenerator-tg-1000>.
4. Загальні характеристики сонячної батареї Altek ACS-140D. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://avtonom.com.ua/alternativnaya-energetika/solnechnye-batarei / solnechnaya-batareya-acs-140-d-alket-alista.html>.
5. Загальні характеристики сонячної батареї Altek ACS-140D. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://solar-tech.kiev.ua/p29304490-batareya-solnechnaya-ldk.html>.
6. Методика узагальненої оцінки технічно-досяжного енергетичного потенціалу біомаси. – К. : ТОВ "Біол-принт", 2013. – 25 с.

**Сидоров А.В., Калиновская А.И., Кравченко И.Ю. Перспективы использования альтернативных источников энергии в Чигиринском районе**

Рассмотрены особенности применения технологий альтернативной энергетики на территории Чигиринского района Черкасской области. Проанализирована благоприятность природных условий и инфраструктуры Чигиринского района для внедрения альтернативных источников энергии. Представлены результаты расчетов энергетической и экономической эффективности применения альтернативных источников энергии (ветровая и солнечная энергия, биогаз, отходы сельского и лесного хозяйств) и приведены оценки перспективности их использования для данного района. Выполнен SWOT-анализ использования ветрогенераторов, солнечных батарей, биогазовых установок и отходов сельского и лесного хозяйств в качестве топлива в альтернативной энергетике района.

**Ключевые слова:** альтернативная энергетика, ветровая энергия, солнечная энергия, биогаз, отходы.

**Sidorov O.V., Kalinovska A.I., Kravchenko I.Yu. Prospects of Alternative Energy Sources Application in Chygyrynskii District**

The features of alternative energy technologies application on the area of Chygyrynskii district are considered. The fitness of natural conditions and infrastructure of Chygyrynskii district for alternative energy sources application is analysed. The calculated results of energetic and economic efficiency of alternative energy sources (wind and solar energy, biogas, agricultural and forest wastes) application are given in the study. Some prospects for the alternative energy sources application for this district are assessed. SWOT analysis of wind turbines, solar panels, biogas plants, and agricultural and forest wastes as fuel in alternative energy of the district is conducted.

**Keywords:** alternative energy, wind energy, solar energy, biogas, wastes.

УДК 667.621.6:678.74

*Аспір. У.В. Фуч; студ. З.Ю. Савчин;  
доц. Р.О. Субтельний, канд. техн. наук;  
проф. Б.О. Дзіняк, д-р техн. наук – НУ "Львівська політехніка"*

**КООЛІГОМЕРИЗАЦІЯ НЕНАСИЧЕНИХ ВУГЛЕВОДНІВ  
ФРАКЦІЇ C<sub>9</sub> У ЗВОРОТНИХ ЕМУЛЬСІЯХ**

Досліджено процес отримання коолігомерів шляхом коолігомеризації в емульсії другого роду вуглеводневої фракції C<sub>9</sub> рідких продуктів піролізу. Встановлено залежність фізико-хімічних характеристик коолігомеру від природи емульгатора, співвідношення [дисперсійна фаза] ÷ [дисперсійне середовище]. Виявлено залежність зміни ненасиченості олігомеризату в ході процесу. Досліджено основні закономірності процесу

коолігомеризації в емульсії другого роду, вивчено вплив основних факторів на процес, а також досліджено молекулярно-масовий розподіл коолігомерів.

**Ключові слова:** коолігомеризація, емульсія, коолігомер, емульгатор, гідрофільно-ліпофільний баланс, молекулярно-масовий розподіл, фракціонування.

Характерною ознакою сучасної хімічної промисловості є використання в процесі виробництва коолігомерів компонентів, які є відходами або побічними продуктами етиленових і пропіленових виробництв, що дає змогу зменшити використання значної кількості продуктів природного походження [1]. Утилізація відходів нафтохімічних виробництв одночасно вирішує екологічні проблеми та дає змогу отримувати дешеві продукти на основі вторинної сировини, які використовують у багатотоннажних виробництвах лакофарбових матеріалів, шинних гум [2]. Використання коолігомерів є також вирішенням проблеми заміни полімерів природного походження на більш дешеві синтетичні продукти, наприклад, заміни каніфолі і пом'якшувачів у виробництві паперу, гумовотехнічних виробів [3]. На сьогодні для синтезу коолігомерів використовують три методи: йонний (каталітичний), радикальний та ініційований (катіонний) метод полімеризації мономерів [4, 5]. У цьому випадку процес отримання коолігомерів проводився коолігомеризацією в емульсії ненасичених вуглеводнів фракції C<sub>9</sub> рідких продуктів піролізу дизельного палива за використанням емульгатора другого роду полігліцерол полірицинолеату.

Для емульсій характерною є властивість обернення фаз. У разі введення в емульсію в умовах інтенсивного перемішування поверхнево-активних речовин (ПАР), стабілізаторів протилежного типу, первісна емульсія може звертатися, тобто дисперсна фаза стає дисперсійним середовищем і навпаки [6]. За полярністю фаз розрізняють два типи емульсій: а) прямі (емульсія першого роду), які складаються з полярного дисперсійного середовища – вода і неполярної дисперсної фази – олія (позначають "о/в"); б) зворотні (емульсія другого роду), в яких дисперсійне середовище неполярне – олія, а дисперсна фаза полярна – вода, (позначають "в/о") [8]. Природа стабілізатора (емульгатора) визначає не тільки агрегативну стійкість, але й тип емульсії. Так, гідрофільні емульгатори сприяють утворенню емульсій типу "олія у воді" (о/в), а гідрофобні – емульсій типу "вода в олії" (в/о) [7]. Ефективність емульгатора можна охарактеризувати відношенням між гідрофобною і гідрофільною частками молекул ПАР (гідрофільно-ліпофільний баланс – ГЛБ). ГЛБ є емпіричною безрозмірною величиною. Для емульсій типу "о/в" він становить 8-16, а для емульсій типу "в/о" – 3-6 [9].

**Мета дослідження** – визначення впливу основних чинників на процес коолігомеризації в емульсії другого роду ненасичених вуглеводнів фракції C<sub>9</sub> рідких продуктів піролізу виробництва етилену, а також дослідження молекулярно-масового розподілу коолігомерів.

**Матеріали і методика проведення дослідження.** Синтез коолігомерів емульсійною коолігомеризацією проведено за такою рецептурою:

- дисперсійне середовище – фракція C<sub>9</sub> РПП дизельного палива (бромне число – 68,2 г Br<sub>2</sub>/100 г; густина – 938 кг/м<sup>3</sup>; вміст ненасичених сполук – до 45,00 %, зокрема стиролу – 17,85 %, вінілтолуолів – 6,99 %, дициклопентадієну – 18,00 %, індену – 1,25 %);
- дисперсійна фаза – вода;