

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ  
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

## **ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

за матеріалами  
XVIII Всеукраїнської науково-технічної  
онлайн-конференції  
**«АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ  
ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕКОЛОГІЇ»**

29-30 вересня 2020 року



Одеса  
Видавець Бондаренко М. О.  
2020

УДК 621.31(075.8)

ББК 31.2я73

3-41

*Рекомендовано до друку Вченою радою  
Одеської національної академії харчових технологій,  
протокол № 3 від 6 жовтня 2020 р.*

Відповідальний редактор:

*Тітлов О. С.*, завідувач кафедри нафтогазових технологій, інженерії та теплоенергетики, д-р. техн. наук, професор.

*За достовірність інформації  
відповідає автор публікації*

**Збірник** наукових праць за матеріалами XVIII Всеукраїнської 3-41 науково-технічної онлайн-конференції «Актуальні проблеми енергетики та екології» 29-30 вересня 2020 року / ред. О. С. Тітлов. – Одеса : ФОП Бондаренко М. О., 2020. – 280 с.

ISBN 978-617-7829-81-1

До збірника включені матеріали сучасних наукових досліджень, що представлені вченими України, Білорусії, Молдови, Росії, а також роботи студентів.

Розглянуто наступні напрямки досліджень: тепломасообмін; теплофізичні властивості робочих тіл енергетичного обладнання; нанотехнології в холодильній техніці; екологічні проблеми енергетики; теплові насоси. Системи опалення та кондиціонування; теплообмінні апарати; енергетичні та екологічні проблеми нафтогазової галузі; енергетичні та екологічні проблеми холодильної техніки; енергетичні та екологічні проблеми харчової промисловості; екологічна безпека; екологічні проблеми сучасності; раціональне використання природних ресурсів.

УДК 621.31(075.8)

ББК 31.2я73

ISBN 978-617-7829-81-1

© Одеська національна академія  
харчових технологій, 2020

**Секція 1:**

**«АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ  
ЕНЕРГЕТИКИ»**

УДК 504.062.2

## ЗМЕНШЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ВІТРОДВИГУНА КОЛИВАЛЬНОГО РУХУ

Медвідь А. М. аспірант, Панченко В. О. канд. техн. наук  
Сумський державний університет

Світовий попит на електричну енергію постійно підвищується. Збільшення виробництва електроенергії відбувається за рахунок підвищення ефективності вже існуючих електричних станцій та будівництво нових. На сьогоднішній день будуються електростанції, що використовують як традиційні, так і відновлювані джерела енергії. Це пов'язано з тим, що попит на електричну енергію перевищує її виробництво відновлюваними джерелами енергії. При цьому відновлювані джерела енергії активно розвиваються, збільшуючи свої потужності та ефективність. Це беззаперечно створює конкуренцію традиційним електростанціям. Одним з видів відновлюваної енергетики, що активно розвивається, є вітроенергетика. Використання енергії вітру можливе не тільки на території суші, а й частково в прибережних морських зонах, що розширює можливості з будівництва нових потужностей.

Одним з найбільш перспективних джерел для отримання електричної енергії є енергія вітру. Вітроенергетика розвивається досить швидко, збільшуючи свою потужність та ефективність. Але при цьому існує можливість максимально знизити негативний вплив виробництва на навколишнє середовище.

Зниження собівартості енергії, виробленої вітрогенераторами (див. рис. 1), є передумовою до пошуку нових методів перетворення енергії вітру в електричну та інші види енергії і проектування нових вітрогенераторів.

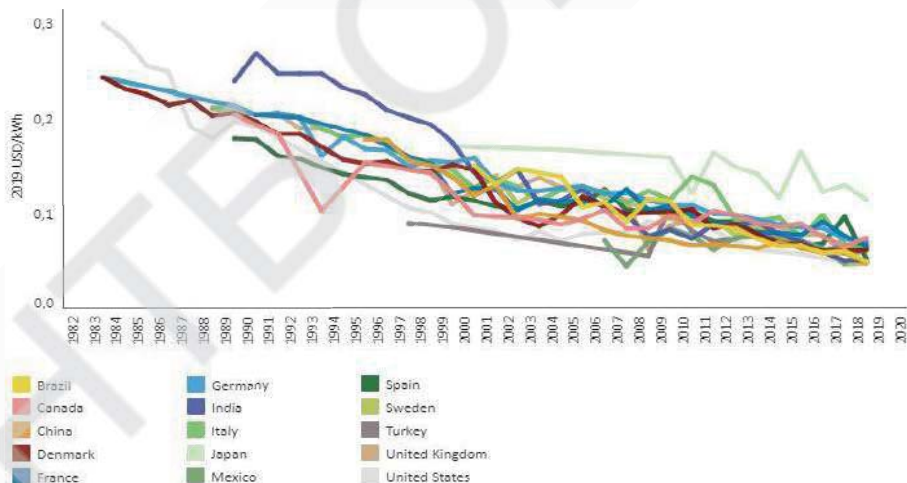


Рис. 1 – Вартість вітрової електроенергії у світі [1]

Рис. 1 показує, що вартість електроенергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії, а саме з енергії вітру, з кожним роком знижується. Це пов'язано з будівництвом нових вітрових парків, підвищенням ефективності існуючих та розвитком новітніх технологій. Зокрема, використання новітніх матеріалів для виробництва лопаток робочих органів

вітродвигунів знижує їх вагу та спрощує монтаж. Розробка більш досконалих редукторів-генераторів дозволяє отримати максимальну потужність, а застосування мастильних матеріалів з покращеними властивостями підвищує інтервал між сервісними обслуговуваннями, та подовжує термін експлуатації вітрогенератора в цілому

2019 рік став рекордним для національного відновлюваного сектору. Відповідно до річних показників Україна приєдналась до світового «Гігаватного клубу» країн, встановлена потужність яких перевищує 1000 МВт. Також було введено в експлуатацію 637,1 МВт потужностей, таким чином сумарна потужність вітроенергетичного сектору України досягла 1170 МВт. Таким чином, за кількістю встановлених потужностей вітроенергетика є другою в країні серед відновлюваних джерел енергії [2].

Сучасна вітроенергетика базується на використанні вітрогенераторів двох основних видів – горизонтально-осьові пропелерні вітрогенератори з горизонтальною віссю обертання (рис. 2) та вертикально-осьові вітрогенератори з вертикальною віссю обертання (рис.3). Ротори останніх виконуються на зразок вертикально розташованих лопатей або в спеціальному виконанні – ротори Дар'є. Дані вітрогенератори найбільш розповсюджені, та є традиційними установками, що використовують підйомну силу крила для обертання робочого колеса. Розташування традиційних вітрових генераторів в Україні зосереджується на територіях з максимальною середньорічною швидкістю вітру. Вітрові парки експлуатують горизонтально – осьові вітрогенератори (рис.2).

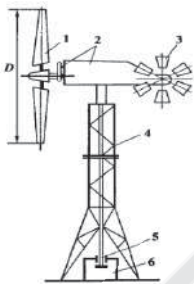
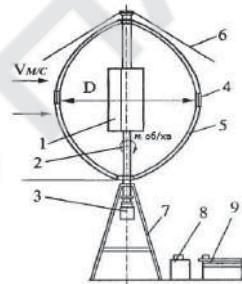


Рис. 2 – Вітрогенератор горизонтальною віссю обертання



з Рис. 3 – Вітрогенератор з вертикальною віссю обертання

Основою робочого процесу вітрогенераторів з горизонтальною віссю обертання є використання робочих коліс з лопатями, які приводяться в рух підйомною силою крила. На сьогодні вивчення теорії крила досягла майже 99%, що вказує на майже повністю досліджений робочий процес даних робочих коліс. Необхідною умовою ефективного використання вітрогенераторів з лопатевим робочим колесом є висока швидкість вітру а саме 12 – 15 м/с. Суттєвим недоліком горизонтально – осьових вітрогенераторів є їх орієнтація на набігаючий потік повітря, що ускладнює їх конструкцію.

Робочий процес вітрогенераторів з вертикальною віссю обертання також використовує під'ємну силу крила. Але через особливості розташування робочого колеса відносно потоку повітря робочий процес є складним та досліджується й сьогодні. Дослідження робочого процесу проводилося у Сумському державному університеті [7, 8]. Отримані результати вказують на рівень ефективності, який майже не поступається горизонтально осьовим, було розроблено незамкнені типи профілю лопаті – «криловидний незамкнений», та створена гіпотеза для дослідження направляючого апарату. Їхньою перевагою є нижчі робочі швидкості

3 – 8 м/с. та постійна орієнтація на набігаючий потік повітря. При цьому вітродвигуни з вертикальною віссю обертання мають суттєвий недолік пов'язаний із самопуском, що впливає на складність та вартість конструкції.

Збільшення потужності вітрових двигунів досягається за рахунок збільшення їх геометричних параметрів, але при цьому максимально допустимі розміри їх обмежуються умовами міцності. Це вносить складнощі як у виробництво вітродвигунів, що потребує нового обладнання, та нових матеріалів, так і збільшує використання ресурсів на виробництво. Експлуатація таких установок вимагає особливих умов та запобіжних пристроїв для створення безпечних умов роботи вітрогенератора. Їх утилізація, в свою чергу, також має свої складнощі. Тоді як робочі частини підлягають переробці, то фундаменти, які були збудовані для їх встановлення, вітрогенераторів створюють перешкоди на місцевості, як при проектуванні нових вітрогенераторів, так при їхньому знесенні в цілому.

Розглянувши основні переваги та недоліки традиційних вітродвигунів, можемо зазначити, що енергія низьких швидкостей повітря (1 – 8 м/с) майже не використовується, оскільки за таких умов знижується ефективність роботи традиційних вітрогенераторів, отже, їх будівництво є економічно необґрунтованим. Тому існує перспектива розробки нового механізму перетворення енергії низьких швидкостей повітря. Новий механізм повинен мати якнайменше рухомих частин, що дасть змогу мінімізувати затрати на експлуатацію та ремонт установок.



Рис. 4 – Середньорічна швидкість вітру [2]

На більшості території України швидкість вітру є недостатньою для будівництва вітрових парків (див. рис. 4). Але за наявності корисної енергії вітру є потреба в розробці механізму, який буде перетворювати енергію малих швидкостей повітря в електричну; а також буде ефективно використовуватись в різних місцевостях, матиме максимально просту конструктивну схему та може бути встановлений без використання дорогих фундаментів.

В світі вже ведуться роботи по створенню таких вітрогенераторів. Аналізуючи новітні розробки, можемо відзначити іспанських вчених, інженери компанії WortexBladeless на чолі з

DavidVillarreal, які запропонували перетворювати коливання удобообтічних тіл в потоці повітря, в електричну енергію [6]. Коливання тіла в потоці повітря викликані утворенням та відривом вихорів, що супроводжується нерівномірним розподілом тиску по поверхні циліндра, відривом пограничного шару та утворенням доріжки Кармана [3]. Конструкція складається з циліндра, закріпленого на пружному стержні, який затиснутий в основі, та коливаючись, спонукає до переміщення генератора, який перетворює енергію коливань в електричну енергію. При використанні п'єзоелектричних перетворювачів [4] вартість генератора є занадто великою та нерентабельною, використання генераторів запропонованих компанією WortexBladeless ускладнює виробництво та підвищує вартість генератора [5]. Для підвищення ефективності генератора, запропоновано використовувати спеціальний пристрій який підвищує частоту коливань циліндра. Пристрій складається з магнітів набраних у дві пари кілець, для максимальної ефективності складених особливим чином, одною полярністю один до одного для максимальної відштовхувальної дії. Цей пристрій збільшує використання магнітів, та створює хаотичну траєкторію руху, що негативно впливає на перетворення енергії. Недоліком є складний та надто дорогий механізм перетворення енергії та використання пружних елементів на основі гумових складових, інформація щодо використання за умов зміни клімату поки що неприведена. Скоріш за все різкі перепади температури навколишнього середовища призведуть до використання гумових виробів вищого класу, що в свою чергу підвищить собівартість. Тому даний тип вітрогенератора потребує вдосконалення, даного принципу перетворення енергії для використання відомих генераторів, чи перетворювачів енергії.

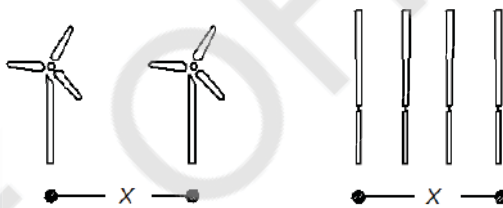


Рис. 5 – Взаємне розташування лопатевих вітрогенераторів та вітрогенераторів коливального руху.

Перевагою даного вітряка є його постійна орієнтованість на набігаючий потік повітря та низькі робочі швидкості повітря. Зменшення рухомих частин тертя підвищує його надійність. Однією з головних переваг вітрогенератора коливального руху є його взаємне розташування, що дозволяє їх встановлювати ближче один до одного ніж лопатеві. Дослідження тандемом розташованих циліндрів [9] вказують, що утворення вихорів можливе, тобто місце для встановлення вітрогенераторів коливального руху ще може бути зменшеним. Для підтвердження використання тандемом розташованих циліндрів необхідно більш детально дослідити їх обтікання та вплив зміни напрямку потоку повітря на картину обтікання. Лопатеві вітрогенератори потребують більшої території для розташування, що обумовлено робочим процесом, який унеможливає встановлення одного генератора за іншим, так як енергія вітру зменшується, турбулентність за робочим колесом максимальна, то сусідній генератор не працюватиме. Також однією з умов розташування є геометричні розміри, при яких вітрогенератор повинен повернутися на набігаючий потік повітря та не зачепити сусідній. Це все зменшує використання корисної енергії вітру.

При зменшенні швидкості вітру нижче від робочої зменшується ефективність вітрогенератора обертального руху. Збільшення швидкості повітря понад норму супроводжується значним лобовим опором усього вітряка, та підвищенням обертів робочого

колеса, що потребує гальмівних механізмів. На вітрогенератор коливального руху впливає тільки зростання швидкості повітря, в результаті чого настає його зупинка, вихроутворення переходить у турбулентний слід, та на поверхню циліндра діє тільки сила лобового опору. Таким чином відбувається саморегулювання коливань циліндра.

Метою розробки нового вітродвигуна коливального руху є використання вітрових потоків низьких швидкостей. За основу необхідно прийняти мінімальні затрати на виробництво, максимально спростити механізм перетворення енергії коливань в електричну енергію. Це приведе до скорочення виробничих циклів, максимально уніфікує робочі органи з масовим виробництвом, знизить витрати ресурсів та знизить до мінімуму сервісне обслуговування вітрогенератора.

Необхідно максимально близько підійти до проектування перетворення енергії таким чином, щоб це дало змогу використовувати існуючі види генераторів. Необхідно максимально наблизитись до використання роторних генераторів, які на сьогоднішній день є максимально дослідженими та розповсюдженими. Створення умов для утворення максимально ефективної траєкторії руху циліндра, наблизить до використання «кривошипно шатунної групи» для перетворення коливального руху в обертальний. Можливе також використання лінійного генератора, який буде перетворювати коливальний рух у зворотно поступальний. Для максимального переміщення штока генератора необхідно створити траєкторію руху з максимальною амплітудою. Використання траєкторії руху робочого органу коливального вітрогенератора з максимальною амплітудою є передумовою для створення високоефективного пристрою з перетворення енергії коливань в енергію рідини чи стисненого повітря.

Однією з важливих умов експлуатації такого вітрогенератора є мінімальний вплив на довкілля. Цього можна досягти завдяки максимальну спрощенню кріплення вітрогенератора до земної поверхні а саме мінімізувати розміри фундаменту. Крім того використання вітродвигуна коливального руху потребує меншої площі земельної ділянки, яка відводиться для його встановлення. При цьому сторонній шум від коливань циліндра мінімальний, не шкодить тваринам та завдяки своїм розмірам не заважає польотам птахів.

Таким чином можна зробити висновок, що створення нової високоефективної конструкції вітрового двигуна з робочим органом коливального руху є шляхом підвищення використання відновлюваної енергії вітру та зменшення негативного впливу на екологію.

#### Список літератури

1. The International Renewable Energy Agency (IRENA) <https://www.irena.org/> [Електронний ресурс]
2. Ж: «Вітроенергетичний сектор України 2019» УБЕА лютий 2020 режим доступу: <http://uwea.com.ua/ru/> [Електронний ресурс]
3. Tech startup «Vortex Bladeless» <https://vortexbladeless.com/> [Електронний ресурс];
4. Патент WO 2014/135551A1 world intellectual property organization «ELECTRICAL ENERGY GENERATOR AND METHOD FOR GENERATING ELECTRICAL ENERGY» YANEZ VILLARREAL, David Jesus. Applicant: DEUTECNO, S.L. [ES/ES]; Pont de Molins, 21, Esq. Izq. 3° D, E-28038 Madrid (ES), International Application number: PTC/EP2014/054194.
5. Патент US 2017 / 0284365 A1 United States «Electrical power generator and an electrical power generation method» David Jesus, Applicant: Vortex bladeless, S. L., Madrid (ES), International Application number: 15/506,650
6. Патент US 2013/0119826A1 United States «Vortex resonance windturbine» David Jesus, ), International Application number: 31/811,788
7. Волков М.І. Аеродинаміка ортогональних вітродвигунів. Навчальний посібник. – Суми: ВВП «Мрія-1» ЛТД, 1996. – 120с.

8. Липовий В. М. «Підвищення енергетичних показників ортогональних вітродвигунів для використання вітрових потоків малої потужності»: канд. техн. наук: 05.05.17 Липовий Віталій Миколайович. – С., 2015. - 130с.
9. «Альбом течений жидкости и газа» М. Ван-Дайк. Издательство «Мир». 1986.
2. А. К. Aringazin, 2001. – Режим доступа: [www.usemagnegas.com](http://www.usemagnegas.com)
3. Комарова-Ракова Я.О. Исследования возможности получения «магнегаза» из водно-угольной смеси/ Королёв А. В., Комарова-Ракова Я.О. // Ядерная энергетика та доповіді №2 (8), 2016 – с. 64-66.

**УДК 621.311.245**

## **ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ВЕТРОВЫХ ПОТОКОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ**

**Бошков Л.З., к.т.н., доцент, Филипенко А.А., аспирант  
Одесская национальная академия пищевых технологий**

Энергия ветра — это косвенная форма солнечной энергии, являющаяся следствием разности температур в атмосфере земли. Специалисты уверены, что ветряные турбины скоро будут усовершенствованы и станут эффективными. Ветер является необычным энергоносителем, неистощимым, но который имеет множество сложных и слабо предсказуемых физических параметров для каждого отдельно взятого географического места. Ветроэнергетическая техника в сравнении с другими источниками энергии обладает очевидными преимуществами. Среди них: отсутствие затрат на добычу и транспортировку топлива; низкие удельные трудозатраты на сооружение ветроэнергетических установок (ВЭУ) — эти затраты на порядок меньше, чем для тепловых и атомных станций, широкий технологический диапазон прямого использования энергии ВЭУ (в частности, автономность и работа в централизованных сетях, совместимость с другими источниками энергии); короткие сроки ввода мощностей в эксплуатацию; отсутствие вредного воздействия на окружающую среду (в этом отношении ветротехника уступает лишь геосистемам). В качестве главного экологического недостатка отмечают генерацию ветроэлектростанциями инфразвукового шума, вызывающего постоянное угнетенное состояние, чувство дискомфорта и беспокойства. Территории, где размещаются ветроэлектростанции, оказываются малоприспособленными для проживания [1, 2].

Кинетическая энергия, переносимая потоком ветра в единицу времени через площадь в  $1 \text{ м}^2$  (удельная мощность потока), пропорциональна кубу скорости ветра. Ветровое колесо, размещенное в свободном потоке воздуха, может в лучшем случае теоретически преобразовать в мощность на его валу  $16/27=0,59$  (критерий Бетца) мощности потока воздуха, проходящего через площадь сечения, обметаемого ветровым колесом. В действительности КПД ниже и достигает для лучших ветровых колес примерно 0,45. Это означает, например, что ветровое колесо с длиной лопасти 10 м при скорости ветра 10 м/с может иметь мощность на валу в лучшем случае 85 кВт. Ветер дует почти всегда неравномерно. Значит, и генератор будет работать неравномерно, отдавая то большую, то меньшую мощность, ток будет вырабатываться переменной частотой, а то и полностью прекратится, и притом, возможно, как раз тогда, когда потребность в нем будет наибольшей. В итоге любой ветроагрегат работает на максимальной мощности либо малую часть времени, а в остальное время он либо работает на пониженной мощности, либо просто стоит.

В большинстве регионов Украины среднегодовая скорость ветра не превышает 5 м/с [1, 3], в связи с чем привычные ветрогенераторы с горизонтальной осью вращения практически не применимы — их стартовая скорость начинается с 3-6 м/с, и получить от их работы

<b>ЗАСТОСУВАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ</b> <i>Волчок В.О., Власов О.К.</i> .....	65
<b>БУРЯКОВА ВІНАСА ЯК СИРОВИНА ДЛЯ ОТРИМАННЯ БІОГАЗУ ТА ДОБРІВ</b> <i>Іванова Т.С., Кулічкова Г.І., Сивак В.О., Володько О.І., Лукашевич К.М., Циганков С.П.</i> .....	67
<b>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТРАБОТАННЫХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ «МАГНЕГАЗА»</b> <i>Комарова-Ракова Я. О., Королев А.В.</i> .....	70
<b>ЗМЕНШЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ВІТРОДВИГУНА КОЛИВАЛЬНОГО РУХУ</b> <i>Медвідь А. М., Панченко В. О.</i> .....	72
<b>ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ВЕТРОВЫХ ПОТОКОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ</b> <i>Бошков Л.З., Филипенко А.А.</i> .....	77
<b>ВОЗДУШНАЯ КОМПРЕССОРНАЯ ТЕПЛОВАЯ УСТАНОВКА (ВКТУ)</b> <i>Хлебников И.</i> .....	80
<b>БУРЯКОВА ВІНАСА ЯК ДЖЕРЕЛО ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЦТВА БІОЕТАНОЛУ</b> <i>Циганков С.П., Іванова Т.С.</i> .....	83
<b>ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ФІЛЬТРАТИВ ПОЛІМЕРВМІСНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІДИН НА ФІЛЬТРАЦІЙНО-ЄМНІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРИГЕННОГО КОЛЕКТОРА</b> <i>Ахметова В.М., Іванків О.О., Світлицький В.М.</i> .....	85
<b>ПОСТРОЕНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ НЕФТЕБАЗ ПРИ ПАРАЛЛЕЛЬНОМ СОЕДИНЕНИИ НАСОСОВ МЕТОДОМ ХАРДИ КРОССА</b> <i>Бузовский В.П., Кологривов М.М.</i> .....	89
<b>ПІДВИЩЕННЯ ВИДОБУВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАФТОГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ХІМІЧНИХ МЕТОДІВ ВПЛИВУ</b> <i>Ковальчук Ю.І., Світлицький В.М., Іванків О.О.</i> .....	91
<b>ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НА ТРУБОПРОВІДНИЙ ТРАНСПОРТ ПРИРОДНОГО ГАЗУ</b> <i>Кологривов М. М., Гнатовський А. С.</i> .....	94
<b>АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВИСОТИ НАЛИВУ НАФТИ ПРИ ЗБЕРІГАННІ В РЕЗЕРВУАРАХ НА ВТРАТИ ВІД ВИПАРОВУВАННЯ</b> <i>Сагала Т.А., Овезов Аман, Дорошенко В.М.</i> .....	97

Наукове видання

## **ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

за матеріалами  
XVIII Всеукраїнської науково-технічної  
онлайн-конференції

### **«АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕКОЛОГІЇ»**

29-30 вересня 2020 року

*(українською, російською, англійською мовами)*

Підписано до друку 6.10.2020  
Формат 60×84/16. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.  
Друк офсетний. Ум. др. арк. 16,27. Наклад 100 прим.  
Зам № 231120/2

Надруковано з готового оригінал-макету у друкарні «Апрель»  
ФОП Бондаренко М.О.  
65045, м. Одеса, вул. В.Арнаутська, 60  
тел.: +38 048 700 11 55  
[www.aprel.od.ua](http://www.aprel.od.ua)

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи  
до державного реєстру видавців ДК № 4684 від 13.02.2014 р.