

# ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КОГЕНЕРАЦІЇ ДЛЯ РОЗВИТКУ РОЗПОДІЛЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ

Державний університет «Одеська політехніка»

## Анотація

*Розглянуто питання, щодо одного з ключових методів рішення проблеми передачі електричної енергії віддаленим споживачам і зниження значних енерговитрат в процесі її передачі за рахунок автономного джерела електричної та теплової енергії – когенераційної установки.*

**Ключові слова:** Розподілена генерація, когенерація, енергопостачання, чиста приведена вартість, термін окупності, електроенергетичні системи.

## Abstract

*The issue of one of the key methods of solving the problem of electricity transmission to remote consumers and reduction of significant energy consumption in the process of its transmission due to an autonomous source of electricity and heat - cogeneration unit is considered.*

**Keywords:** Distributed generation, cogeneration, power supply, net present value, payback period, power systems.

## Вступ

У зв'язку з прийняттям уряду України низки нормативно-правових документів, які направлені на сприяння розвитку розподіленої генерації та пріоритетності генерації електричної енергії від відновлювальних джерел енергії питання щодо власного виробництва енергії стає все більш актуальним. А враховуючи постійний невпинний розвиток тарифів на електричну та теплову енергію від централізованих систем енергопостачання, індивідуальні системи генерації енергії стають все більш вигіднішими, а їх термін окупності значно зменшується.

Мета дослідження: Метою дослідження є визначення рівня ефективності встановлення розподіленої генерації у вигляді когенераційних установок для енергопостачання житлового будинку нової забудови та визначення їх термінів окупності.

Актуальність теми дослідження: Побудова систем розподіленої генерації в житлових будинках є актуальним завданням, яке вимагає впровадження відновлювальних та альтернативних джерел енергії, які все більше знаходять застосування в Україні та світі. Наслідками таких впроваджень стане збереження навколишнього середовища, зменшення енергозалежності країни від імпорту енергоносіїв, значне покращення економічних умов розвитку України.

## Результати дослідження

Для дослідження встановлення когенераційної установки в якості автономного джерела енергопостачання був вибраний 15-ти поверховий житловий будинок (рис. 1), який розташований у місті Одеса. Будинок є об'єктом нового будівництва зі значним питомим електричним навантаженням за рахунок великої встановленої потужності на вводі окремої квартири та значної кількості цих квартир.

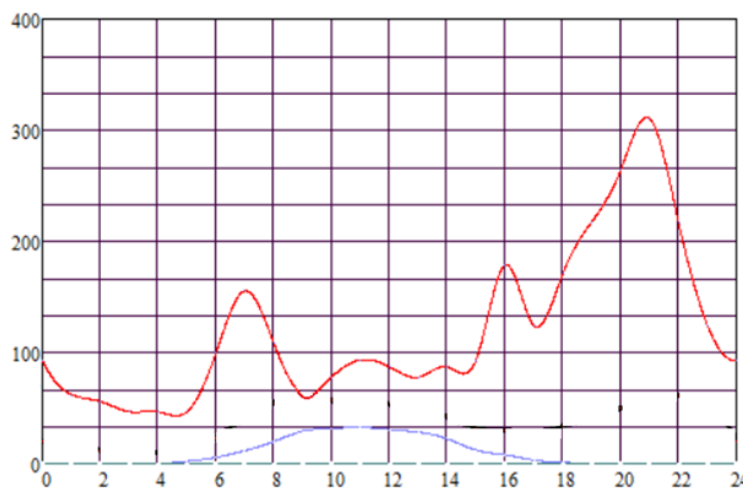
В якості основного джерела електропостачання будинку, виступає система електропостачання міста. В якості джерела тепlopостачання будинку проектом передбачене типові рішення – тепlopостачання від індивідуальної газової котельні. Сучасні газові котельні мають ряд переваг в порівнянні з централізованим тепlopостачанням, серед яких основними є відносно високий коефіцієнт корисної дії (ККД), плата за тепло і гарячу воду нижче, ніж в будинках з централізованим опаленням (ЦО), незалежність від графіка опалювального сезону, місця загального користування опалюються, можливість якісного регулювання температури теплоносія, відсутність втрат теплової енергії в системі магістрального тепlopостачання.

Стрімке збільшення кількості таких новобудов ставлять перед енергосистемою міста проблеми пов'язані зі скороченням резерву потужності існуючого обладнання та необхідністю збільшення пропускної спроможності системи розподілу електричної енергії. Встановлення систем локальної генерації енергії в таких новобудовах призведе до значного розвантаження енергосистеми та вирівнювання графіка навантаження.



Рис. 1 Загальний вигляд 15-ти поверхового житлового будинка

Альтернативним варіантом для розподіленої генерації є встановлення сонячних фотоелектричних панелей на даху будинку, однак враховуючи архітектурне планування даху, географічне розташування та методи розташування фотоелектричних модулів, було визначено, що можливе встановлення лише 102 такі сонячні панелі. Моделювання добового навантаження будинку та добової генерації 102 панелей, показало, що даний варіант розподіленої генерації може покрити 8,2 % навантаження будинку протягом літньої доби (рис. 2).



Рисю 2 – Моделювання добового навантаження та добової генерації протягом літньої доби

Рішенням з такої ситуації може виступити когенерація, тобто процес одночасної генерації тепла та електричної енергії. Використання принципу когенерації не є новим, він активно використовується в теплоелектро-централях (ТЕЦ), однак ТЕЦ використовують методи укрупнення навантаження, а поява нових когенераційних установок невеликої потужності дозволяє використовувати їх майже для кожного споживача. Аналіз роботи двигунів різних потужностей та типів наведений в таблиці 1. Принцип когенерації представлений на рис. 3.

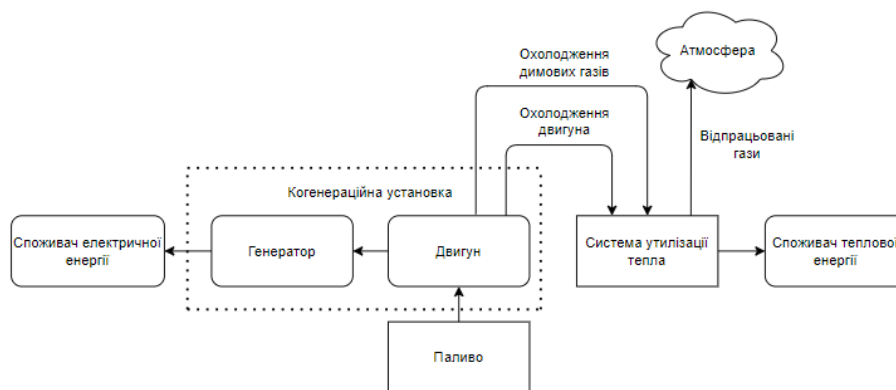


Рис. 3 – Принцип когенерації

Таблиця 1 – Аналіз когенераційних установок

Двигун	Вид палива	Діапазон потужностей (МВт)	Відношення «тепло/ЕЕ»	ККД електричний	ККД загальний
Парова турбіна	Будь-яке	1...1000	3:1 – 8:1	10...20 %	до 80 %
Газова турбіна	Газ, біогаз, дизельне пальне, керосин	0,25...300	1,5:1 – 5:1	25...42 %	65...87 %
Поршневий двигун з займанням від тиску	Газ, біогаз, дизельне пальне, керосин	0,2...20	0,5:1 – 3:1	35...45 %	65...90 %
Поршневий двигун з займанням від іскри	Газ, біогаз, керосин	0,0003...6	1:1 – 3:1	35...43 %	70...90 %

Однак при отриманні тієї ж самої кількості тепла можливе ще отримання безкоштовної електричної енергії за рахунок когенерації. Сучасні генераторні установки, які використовують принцип когенерації, можуть досягати рівня ККД 90 %, при умові повного використання теплової та електричної енергії. При порівнянні з розподільною генерацією теплової та електричної енергії економія палива може сягати 70 % [2].

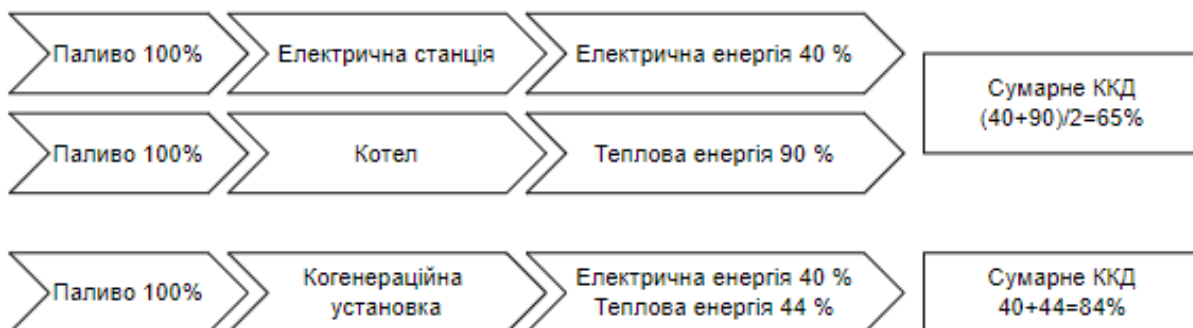


Рис. 4 – Порівняння ККД при роздільному та когенераційному процесі виробництва енергії

Для вибору потужності когенераційної установки необхідно проаналізувати річне споживання енергії будинком.

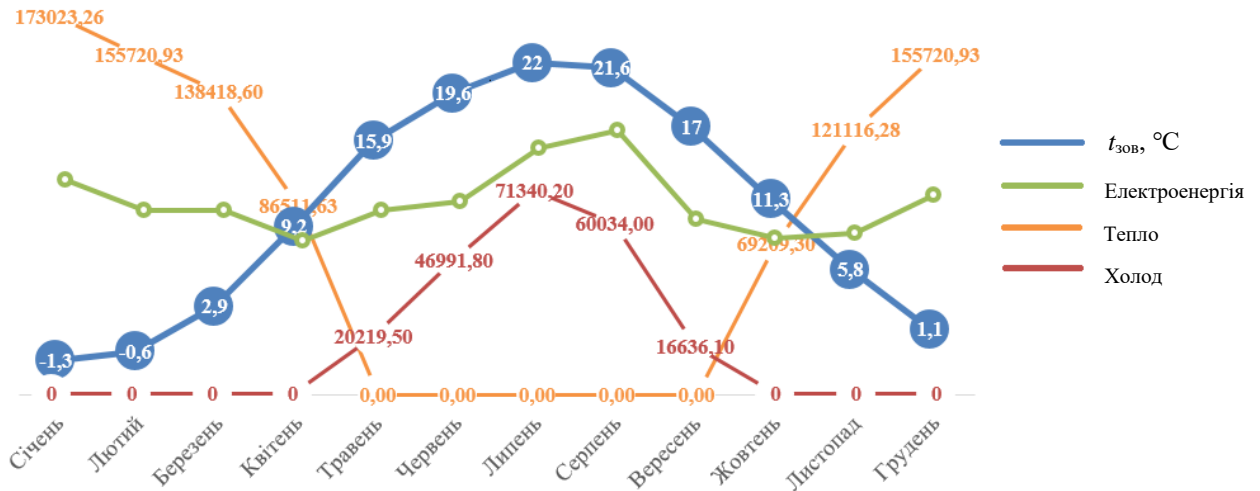


Рис. 5 – Графік річного споживання окремих видів енергії житловим будинком та залежність окремих видів енергії від температури зовнішнього повітря

Оскільки пріоритет при виборі когенераційної установки робиться на електричну енергію то враховуючи середньорічне споживання вибирається когенераційна газо-поршнева установка типу АГП-150 з номінальною активною електричною потужністю 150 кВт та повною потужністю 187,5 кВА, з номінальною тепловою потужністю 180 кВт. Вибрана установка працює на будь-якому типі газу та має питому витрату 45 м<sup>3</sup>/год при роботі на повній потужності. З урахуванням встановлення установки добовий графік споживання електричної енергії буде мати вигляд.

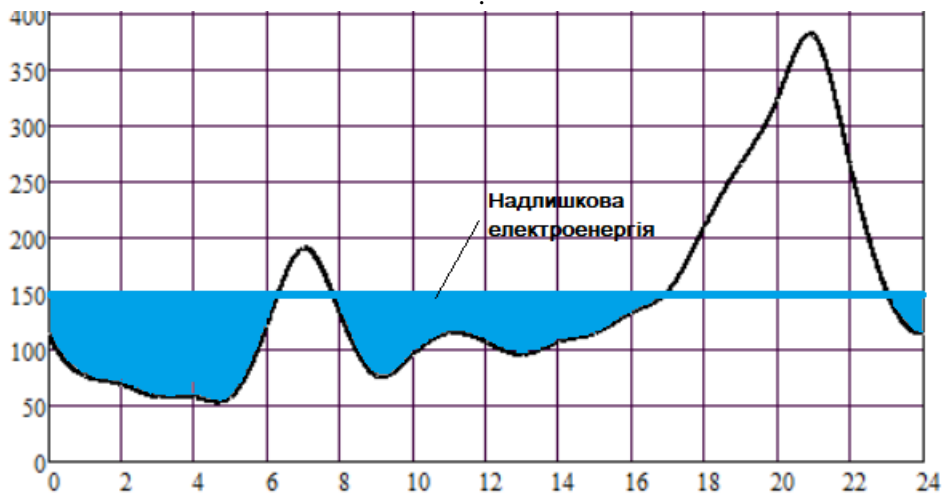


Рис. 6 – Добовий графік навантаження з урахування когенераційної установки

Установка АГП-150 може повністю покрити необхідність в електричній енергії більшу частину доби однак в періоди піків електричного навантаження її потужності не вистачає. Недостатню кількість електричної енергії необхідно брати від енергосистеми, однак в моменти провалу навантаження установка може генерувати надлишкову енергію, яка може віддаватись в енергосистему, в цьому випадку енергосистема може виступати засобом акумуляції енергії, яка буде споживатись для покриття піків електричного навантаження.

З урахування енергії отриманої від установки річний графік споживання теплової та електричної енергії представлений на рис. 7.

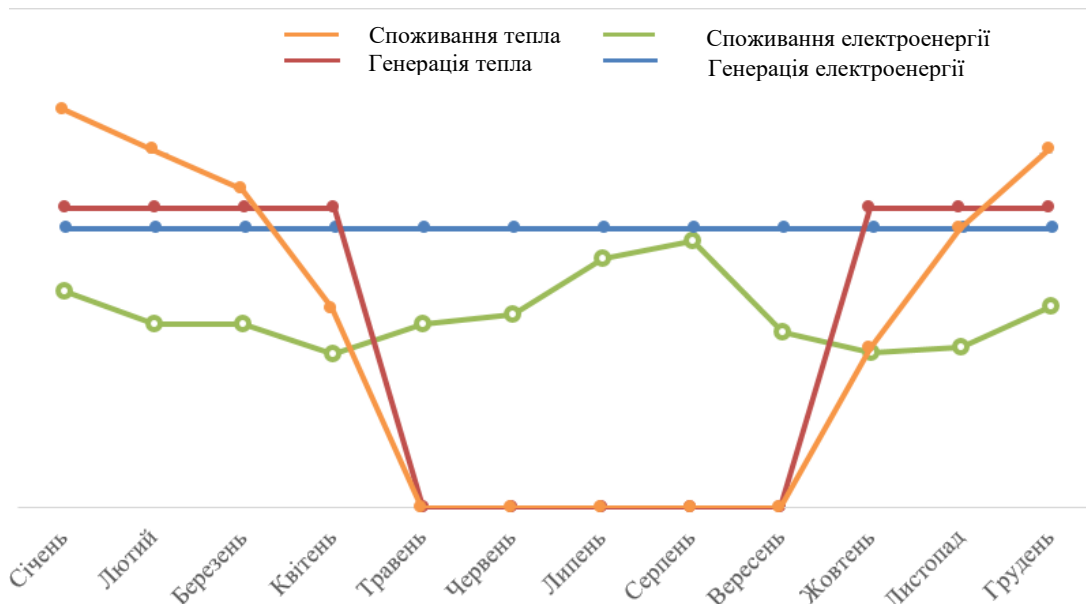


Рис. 7 – Графік річного споживання електричної та теплової енергії та графіки генерації

Як видно з графіків установка АГП-150 може повністю покрити потребу в електричній енергії житлового будинку, однак не може в достатній кількості забезпечити його теплом. Для вирішення цієї проблеми може бути встановлений додатковий газовий котел невеликої потужності, однак в періоди недостатньої генерації тепла в річному графіку є запас електричної енергії, яка може бути перетворена на тепло з достатньо великим ККД, перевагою такого рішення є те, що не потребується спалювати додатковий газ для отримання тепла, а отже мінімізуються витрати на його закупівлю.

Розрахунок термінів окупності встановлення когенераційної установки виконується з урахування вартості самої установки АГП-150, яка коштує 996 600 грн, затрат на транспортування, які прийняті в розмірі 15 % від вартості установки та витрат на монтаж які прийняті 20 % відсотків від вартості установки. Розрахунок прибутку виконувався з урахування кількості генерації електричної та теплової енергії при умові їх закупівлі з відповідних енергоринків за тарифами 2021 року, та додатковими затратами на обслуговування установки та витрат на паливно мастильні матеріали.

Таблиця 2 – Розрахунок чистої приведеної вартості встановлення когенераційної установки

Показники	Роки																										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Капітало-вкладення, грн	1345410	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Прибуток, грн	-1345410	860533	860534	860535	860536	860537	860538	860539	860540	860541	860542	860543	860544	860545	860546	860547	860548	860549	860550	860551	860552	860553	860554	860555	860556	860557	860557
Коефіцієнт дисконту	1	0,87	0,756	0,658	0,572	0,497	0,432	0,376	0,327	0,284	0,247	0,215	0,187	0,163	0,142	0,123	0,107	0,093	0,081	0,07	0,061	0,053	0,046	0,04	0,035	0,03	
Дисконтований прибуток, грн	-1345410	748664	650564	566232	492227	427687	371752	323563	281397	244394	212554	185017	160922	140269	122198	105847	92079	80031	69705	60239	52494	45609	39585	34422	30119	25817	
Чиста приведена вартість, грн	-1345410	-596746	53817	620049	1112276	1539963	1911715	2235278	2516675	2761068	2973622	3158639	3319561	3459829	3582027	3687874	3779953	3859984	3929688	3989927	4042421	4088030	4127616	4162038	4192157	4217974	

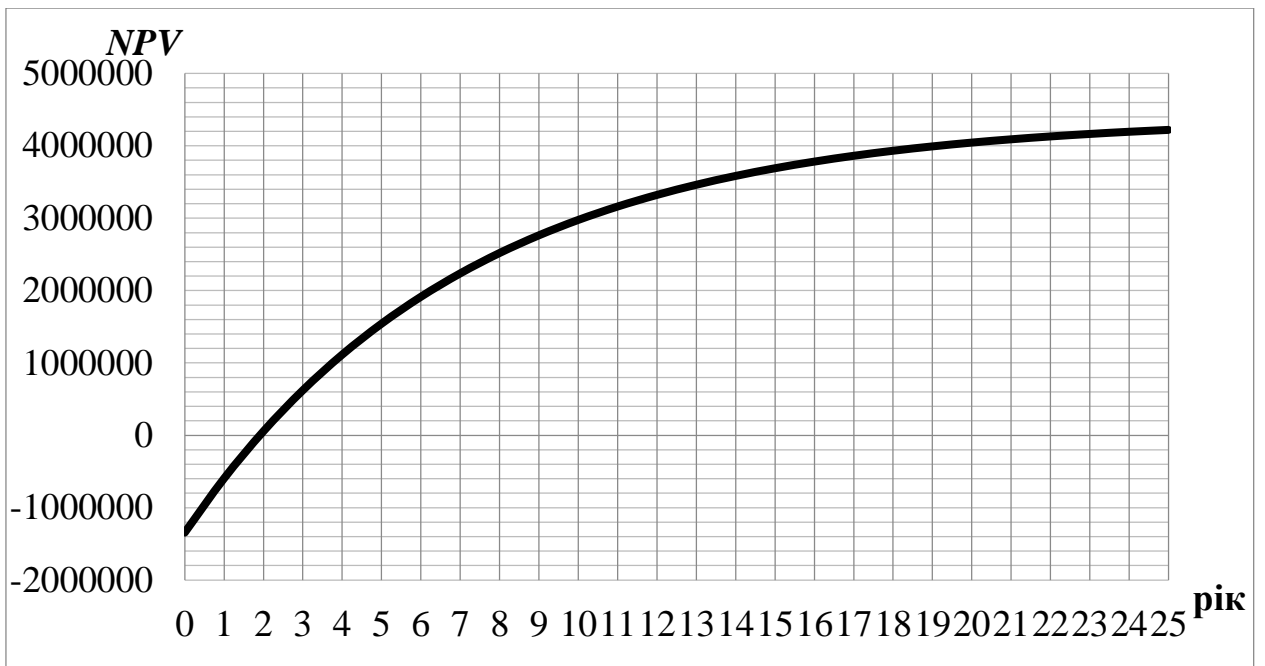


Рис. 8 – Динаміка чистої приведеної вартості встановлення когенераційної установки

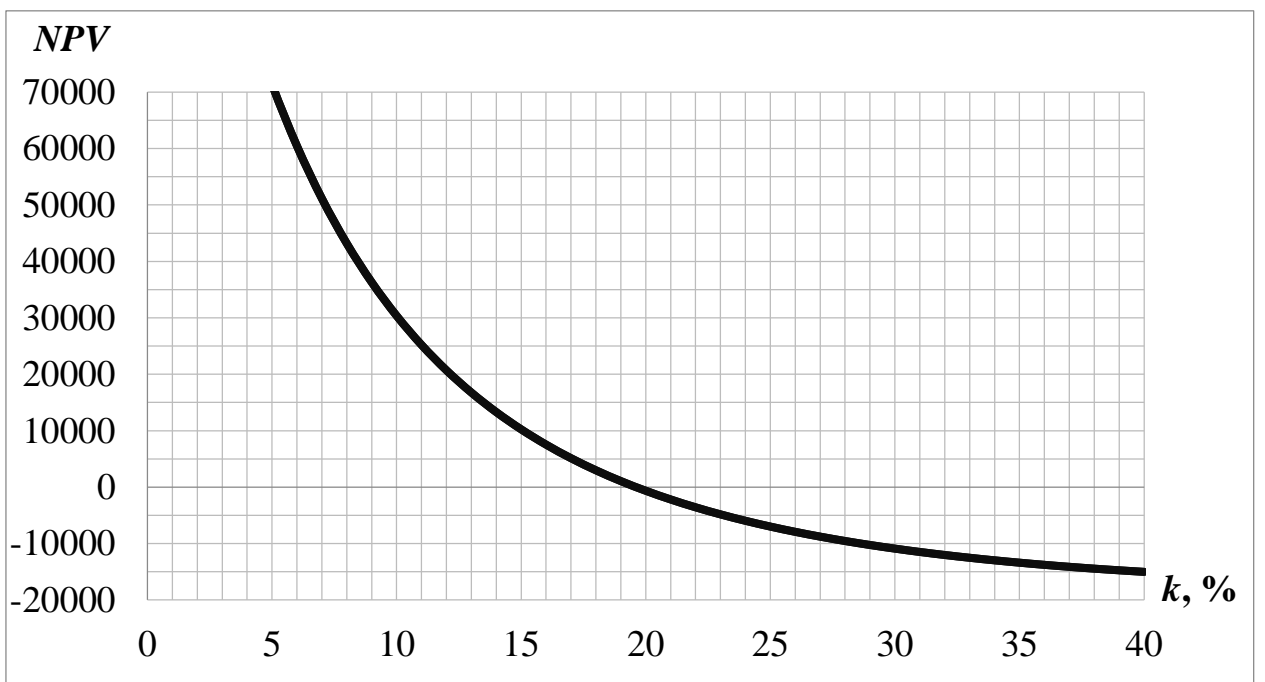


Рис. 9 – Динаміка внутрішньої норми прибутку

### Висновки

Як видно з графіків термінів окупності встановлення таких невеликих когенераційних установок є економічно та технічно доцільним, оскільки значно підвищують рівень енергонезалежності будинку та дозволяють розвантажити енергосистему міста. Когенераційною установкою використовуються первинні джерела енергії, які можуть бути використані від міських мереж, це робить її загальнодоступною для використання в будь-яких будинках. Крім того, масштабне застосування розподіленої когенерації в регіоні спричинить зниження втрат електричної і теплової енергії в мережах за рахунок наближення джерел енергії до споживачів, а також зниження вартості теплової та електричної енергії за рахунок спільного виробництва і меншою мережевої складової.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Шегулов А. В. Сравнительный анализ автономных энергоцентров с когенерацией и тригенерацией//Силовое и энергетическое оборудование. Автономные системы. 2019. Т. 2. Вып. 3. С. 129-140. DOI: 10.32464/2618-8716-2019-2-3-129-140.
2. Судавай А. С. Развитие когенерации в контексте концепции интеллектуального распределения//Известия ТулГУ. Технические науки. 2014. Вып. 8.
3. Морозюк Л. И., Гайдук С. В. Грудка Б. Г. Тригенерация – источник энергосбережения в малой энергетике для аграрного производства // Холодильна техніка та технологія. 2015. Т. 51. № 4. С. 65-69. DOI: 10.15673/0453-8307.4/2015.39273

**Разінков Владислав Олексійович** – асистент кафедри електропостачання та енергетичного менеджменту, інститут електромеханіки та енергоменеджменту, Державний університет «Одеська політехніка», м. Одеса, [razinkovvladislav@gmail.com](mailto:razinkovvladislav@gmail.com)

**Науковий керівник: Шабовта Михайло Юрійович** – к. т. н., доцент кафедри електропостачання та енергетичного менеджменту інститут електромеханіки та енергоменеджменту, Державний університет «Одеська політехніка».

**Razinkov Vladislav Oleksiiovich** - Assistant of the Department of Power Supply and Energy Management, Institute of Electromechanics and Energy Management, Odessa Polytechnic State University, Odessa, [razinkovvladislav@gmail.com](mailto:razinkovvladislav@gmail.com)

**Scientific adviser: Mykhailo Yuriyovich Shabovta** - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Power Supply and Energy Management, Institute of Electromechanics and Energy Management, Odessa Polytechnic State University.