

## ПРІОРИТЕТИ У ВИКОРИСТАННІ ВИКОПНИХ ВИДІВ ПАЛИВА ТА УТРИМАННІ ЖИТЛОВОГО ФОНДУ

Вінницький національний технічний університет

*Приведені тенденції глобального зростання температури в світі через надмірне спалювання викопних вуглеводів. Надмірний видобуток та спалювання викопних видів палива (кам'яне вугілля, продукти переробки нафти, природний газ) привели до зростання їх вартості та змін клімату. Близько 40% викидів CO<sub>2</sub> сьогодні дає спалювання вугілля, 33% - продуктів переробки нафти та 22% - природного газу. Збільшення вмісту CO<sub>2</sub> в атмосфері призводить до зростання температури поверхні Землі. На глобальному рівні світова спільнота ухвалила три основні міжнародні угоди щодо зміни клімату: Рамкова конвенція ООН про зміну клімату (1992 р.); Кіотський протокол (1997 р.); Паризька угода (2015 р.). Паризьку угоду підписало понад 190 країн світу. Головні її цілі: досягти вуглецевої нейтральності до 2050 року та утримати зростання глобальної середньої температури нижче 2°C до 2100 року, переважно до 1,5°C.*

*Будівельна галузь відповідальна за споживання до 40% від всіх енергоносіїв, які використовуються в економіках країн світу. В узагальненні доповіді експертів на 27 Конференції ООН зі зміни клімату (COP27), яка пройшла в 2022 році в Єгипті (Шарм-еш-Шейх) було зазначено, що в 2022 році в атмосферу буде викинуто на 1% більше CO<sub>2</sub>, ніж у 2021-му. Основні обсяги викидів парникових газів приходяться саме на спалювання викопних видів палива. Приведений порівняльний аналіз викидів CO<sub>2</sub> при спалюванні різних видів палива.*

*Досліджена динаміка видобутку викопних видів палива – кам'яного вугілля, нафти та природного газу, яка свідчить про значне зменшення їх видобутку та споживання. Розглянуті сучасні підходи зростання обсягів ВДЕ, наведена динаміка зростання потужностей СЕС. На основі європейського досвіду показані перспективи влаштування балконних міні СЕС.*

*Індивідуальні системи опалення та децентралізація інженерних систем забезпечення житлового фонду сприяють підвищенню їх стійкості в несприятливих умовах. Розкриті організаційні особливості переведення житлового фонду від централізованої системи опалення на індивідуальне електро та газове опалення. На основі аналізу європейського досвіду утримання житлового фонду наведені основні напрямки зменшення енергоспоживання та викидів парникових газів існуючого житлового фонду.*

**Ключові слова:** енеогозатратність в будівництві, парникові гази, викопні види палива, децентралізація тепло забезпечення, індивідуальне електро та газове опалення.

### Вступ

За даними Національного у правління океанічних та атмосферних досліджень США (NOAA) в травні 2022 року зареєстровано новий світовий рекорд концентрації CO<sub>2</sub> в атмосфері, він склав 421 мільйонну частку. Востаннє Земля стикалася з таким рівнем концентрації CO<sub>2</sub> близько 4 млн років тому, коли рівень моря був на 5–25 метрів вищим за сучасний, а ліси покривали значну частину арктичної тундри [1].

За даними [2] в 2015 році енергоємність ВВП України перевищувала енергоємність ВВП Німеччини в 4 рази, Польщі – в 3,2 рази, США – в 2,8 рази, Китаю і Росії – в 1,8 рази, Італії та Іспанії – в 4,8 рази, Швейцарії – в 6,5 рази.

У всьому світі будівлі споживають близько 40 % загальної первинної енергії, в ЄС до 36 % від загальної суми викидів CO<sub>2</sub> надходять на будівлі, а в США житлові та комерційні будівлі споживають до 70 % електроенергії та 39 % доступної загальної первинної енергії. Саме тому будівельна галузь зберігає великі резерви енергозбереження та зменшення викидів парникових газів. [3].

В цілому будівельна галузь має великі резерви зниження обсягів споживаного викопного палива і, як наслідок, витрат енергії та обсягів викидів парникових газів. Для цього необхідно покращити теплоізоляцію, вентиляцію будівель, встановити більш ефективні опалювальні системи, які споживають енергію ВДЕ. Витрати енергії для будівель в найближчій перспективі становитимуть від 20 до 40кВт•год/м<sup>2</sup>, а «пасивні» будівлі (будівлі з нульовим споживанням енергії) мають додатково генерувати енергію та спрямовувати її в електромережі.

Протягом 30 років незалежності в Україні має місце постійне відставання показників пормативних вимог термічного опору огорожувальних конструкцій від європейських стандартів. Таке відставання приведе до додаткових енергозатрат в послідовні роки його утримання [4].

Надмірний видобуток та спалювання викопних видів палива привели до зростання їх вартості та змін клімату. Збільшення вмісту CO<sub>2</sub> в атмосфері призводить до збільшення температури поверхні Землі. Саме тому, вміст CO<sub>2</sub> має жорстко контролюватись, як на глобальному, так і на національних рівнях.

За даними ЮНЕП, діоксид вуглецю є найбільш дієвим парниковим газом (75 %) з точки зору НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ “СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ, МАТЕРІАЛИ І КОНСТРУКЦІЇ В БУДІВНИЦТВІ” 211

впливу на зміни клімату. Викиди двоокису вуглецю у світі в цілому зросли з 216 млрд.т у 1990 році до 238 у 2000 та до 330 млрд.т у 2012 році. В 2022 році концентрація CO<sub>2</sub> в атмосфері досягнула рекордного рівня – 420 промілей. На виробництво енергії всіх видів припадає 72 % викидів вуглекислого газу у світі, включаючи непрямі викиди від транспорту, промисловості, опалення та іншого. Станом на 2019 рік

найбільша кількість викидів діоксиду вуглецю приходилась на: Китай – 27 % від світових викидів; США – 12 %; ЄС та Індія – близько 7 % кожен; Росія – 4,6 %; Японія – 3,3 %. Загалом ці країни світу виробляють близько 80 % усіх викидів.

На глобальному рівні світова спільнота ухвалила три основні міжнародні угоди щодо зміни клімату: Рамкова конвенція ООН про зміну клімату (1992 р.); Кіотський протокол (1997 р.); Паризька угода (2015 р.). Паризьку угоду підписало понад 190 країн світу. Головні її цілі: досягти вуглецевої нейтральності (усунути викиди діоксиду вуглецю) до 2050 року та утримати зростання глобальної середньої температури нижче 2°C до 2100 року, переважно до 1,5°C.

Об'єми світових викидів вуглекислого газу в атмосферу від спалювання викопних видів палива (вугілля, нафти, природного газу) продовжують зростати. Експерти міжнародного дослідницького проекту Global Carbon Project на 27 Конференції ООН зі зміни клімату (COP27), яка пройшла 10 листопада 2022 року в єгипетському Шарм-еш-Шейху зазначили, що у 2022 році буде викинуто на 1 % більше CO<sub>2</sub>, ніж у 2021-му. При цьому викиди в Китаї знизяться на 0,9 %, в Європі – на 0,8 %, натомість у США вони зростуть на 1,5 %, в Індії – на 6 %, і в усьому світі – на 1,7 %. Вуглецеве забруднення атмосфери від спалювання вугілля цього року збільшиться на 1 % порівняно з минулим роком. Ефект від спалювання нафти і нафтопродуктів покаже збільшення 2 %, від спалювання природного газу – навпаки, знизиться на 0,2%. Близько 40% викидів CO<sub>2</sub> сьогодні дає спалювання вугілля, 33 % – спалювання нафти та 22 % – спалювання газу, зазначено у доповіді.

Україна взяла на себе зобов'язання досягнути вуглецевої нейтральності до 2060 року та проголосила підтримку Європейського зеленого курсу, який має на меті звести баланс викидів вуглекислого газу до нуля до 2050 року. Переглянутий Національно-визначений внесок (НВВ2) України, він встановлює мету – зменшення викидів парникових газів у всіх галузях економіки до 2030 року принаймні до 35 % рівня 1990 року.

МЕА прогнозує, що «зелений» ринок та ВДЕ суттєво обжать використання вугілля до 2025 року та забезпечать третину світової потужності. Ще до 2020 року інвестиції в «зелені» проекти стали приносити більше прибутку, ніж вкладення у викопне паливо у США, Великобританії та Європі. Загалом інвестиції, пов'язані зі зміною клімату, зросли в період з 2013 до 2018 року на 70 % — до \$ 579 млрд.

### Постановка проблеми

В умовах зростання вартості енергетичних ресурсів та необхідності зменшення викидів парникових газів економіка України не має шансів успішно розвиватись та утримувати не утеплений існуючий житловий фонд без реалізації дієвих заходів енергозбереження та нарощування потужностей ВДЕ. Щорічно ускладнюються проблеми проведення чергового опалювального сезону.

Адаптуючи законодавчо-нормативну базу до вимог ЄС Україна має впроваджувати кращі світові практики з розвитку енергетики. Рада міністрів Енергетичного Співтовариства ухвалила пакет енергетичного законодавства ЄС «Чиста енергія для всіх європейців» (Clean Energy Package). Україна, як член Співтовариства, зобов'язана впроваджувати в життя цей енергопакет (4-й Енергетичний пакет ЄС), який був затверджений ЄС ще у 2019 році. У ньому зібраний ряд Директив з вимогами до організації внутрішніх та зовнішніх енергоринків. Він має прискорити перехід ЄС на «зелену» енергетику і зосереджений на:

- скороченні викидів парникових газів;
- посиленні критеріїв сталості біопалива та виробництва енергії з біомаси;
- підвищенні частки ВДЕ в опаленні;
- енергоєфективні реконструкції будівель та постійному оновленні житлових будинків задля економії енергії;
- підвищенні рівня залученості громадян до енергетичної трансформації. [5].

Реалізація планів скорочення викидів CO<sub>2</sub> крім зменшення споживання кам'яного вугілля, нафти, а з часом і природного газу в домогосподарствах, приведе до необхідності скорочення витрат енергетичних ресурсів. В пропозиції Єврокомісії вказані дві дати: 2027 і 2030 роки, з 2027 року передбачена заборона встановлення газових плит у нових будівлях, а з 2030 року – і в тепло

модернізованих після капітального ремонту. Альтернативою природному газу мають стати енергія вітру, сонця, тепло землі, води, повітря, біогаз, водень, який дозволяє частково або повністю замінити природний газ зі збереженням існуючої газотранспортної системи і газового обладнання.

Згідно балансу реакції для спалювання 1 м<sup>3</sup> метану потрібно 2 м<sup>3</sup> кисню або 10 м<sup>3</sup> повітря. Приблизний склад продуктів спалювання: 1 м<sup>3</sup> CO<sub>2</sub>; 2 м<sup>3</sup> парів води; 8 м<sup>3</sup> азоту і домішки інших газів. Вміст водяної пари становить близько 18 % об'єму. В табл. 1 приведені обсяги CO<sub>2</sub>, що утворюються при спалюванні одиниці маси різних видів палива.

Таблиця 1

#### Показники викидів CO<sub>2</sub> при спалюванні різних видів палива.

Вид палива	Викиди CO <sub>2</sub>
Природний газ	1,85 т CO <sub>2</sub> / (тис. м <sup>3</sup> )
Кам'яне вугілля	2,7–2,8 т CO <sub>2</sub> / т, в залежності від марки вугілля
Торф	~1,5 т CO <sub>2</sub> / т.
Автомобільний бензин Паливний мазут Дизельне паливо Авіаційний керосин	3,0 т CO <sub>2</sub> / т або 2,1–2,3 кг CO <sub>2</sub> / л в залежності від температури палива і його марки (літне більш густіше).
Деревне паливо і сільськогосподарські відходи	Викиди CO <sub>2</sub> приймаються рівними нулю, оскільки CO <sub>2</sub> був поглинений з атмосфери в процесі росту рослин.

Як видно з табл. 1 найбільше викидів CO<sub>2</sub> приходиться на продукти переробки нафти, кам'яного вугілля і дещо менше на природний газ.

**Мета роботи.** Дослідження стану видобутку, використання викопного палива та екологічних особливостей утримання житлового фонду в умовах декарбонізації будівництва.

#### Результати дослідження

При наявності в Україні 4 АЕС (Південноукраїнської -3 енергоблоки, Хмельницької -2 енергоблоки, Рівненська - 4 енергоблоки та Запорізької - 6 енергоблоків з загальною потужністю 13888 МВт, які забезпечували приблизно 50 % від загального обсягу електроенергії та діючих інших електростанцій країна на початку 2022 року мала надлишки електрики і наміри експортувати її в країни ЄС. В лютому місяці 2022 року відбулось відключення від єдиної енергетичної системи Росії і Білорусії і підключення до мережі ЄС. В середині березня 2022 року Енергетична Система континентальної Європи та Об'єднана енергетична системи України запрацювали синхронно, а 30 червня розпочались перші комерційні продажі електроенергії до країн ЄС на рівні 100 МВт.

З 24-го лютого 2022 року розпочалось повномасштабне вторгнення на територію України військ РФ. Українська енергетика отримала перелік нових загрозливих викликів – відбулось захоплення Запорізької АЕС. При чому, найбільша в Європі Запорізька АЕС вперше за 37 років існування була готова запустити в роботу всі 6 енергоблоків. Як нам представляється, захоплення росіянами Запорізької АЕС очевидно пов'язано з бажанням не допустити українського експорту електрики в Європу і можливими проблемами розбалансування Енергетичної системи Росії і Білорусії. В послідуєчому були скорочені поставки російського природного газу в Європу, підірваний діючий газопровід «Північний потік -1» та «Північний потік -2». Продовження російського енергетичного шантажу та скорочення поставок природного газу в Європу в 2022 році переросла в політичної і економічну площину і стали відчутним в усіх країнах ЄС.

В умовах повномасштабної війни найбільші проблеми спіткають жителів висотних житлових будинків, оскільки малоповерховий будинок в більшій мірі придатний для виживання в таких умовах. Ракетні обстріли міст України продемонстрували необхідність децентралізації систем енерго- та теплопостачання. Наявність декількох незалежних систем інженерного забезпечення міста забезпечують меншу вразливість, ніж міст з централізованими мережами.

Запропоновані з запізненням Мінрегіоном пропозиції щодо проектування сховищ у висотних житлових будинках від ракетних обстрілів по суті вже відображені в Зміні № 1 ДБН В.2.2-15:2019 «Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення». Там зазначено, що у підземних, підвальних, цокольних і на першому поверхах одноквартирних та багатоквартирних житлових будинків допускається улаштування вбудованих і вбудовано-прибудованих гаражів. Вбудовані і вбудовано-прибудовані приміщення громадського призначення повинні мати окремі шляхи евакуації,

ізолювані від житлової частини будинку. У складі житлових будинків у межах території населеного пункту, віднесеного до відповідної групи з цивільного захисту, для укриття мешканців (населення), необхідно передбачати улаштування споруд подвійного призначення із захисними властивостями сховищ.

Численні пошкодження критичної інфраструктури отримали Рівенська та Хмельницька АЕС, електричні мережі привели до втрат електричних потужностей. В Україні розпочались віялові відключення електроенергії. На всіх рівнях відзначається складність проходження опалювального сезону, крім того з січня-листопада 2021 року Україна імпортувала лише 2,546 млрд м<sup>3</sup> природного газу, що в 6,2 рази менше, ніж минулого року, тому за заявою голови даними «Нафтогазу» існує ризик його нестачі при сильних морозах. Крім того, через руйнування 17 листопада 10 об'єктів видобутку газу, які складають третину національного видобутку і більше 300 об'єктів енергетичної інфраструктури Україні потрібно ще 4 млрд дол. для додаткової закупки 3 млрд м<sup>3</sup> природного газу.

**Камяне вугілля.** За даними МЕА, якщо світ буде дотримуватись зміни температури в межах зростання на 1,5 °С від рівня доіндустріальних температур, то необхідно відмовитись від розробки нових копалин. Виробництво електроенергії з використанням вугілля впаде приблизно на одну третину з 2021 по 2030 рік, при цьому 75% її буде замінено сонячною та вітровою енергією. Для досягнення нульових викидів до 2050 року та обмеження глобального потепління у сценарії Net Zero до 2050 року споживання вугілля впаде на 90%.

Україна, без врахування наслідків війни, має більше генеруючих потужностей, ніж фактично потрібно для задоволення попиту на електроенергію. Не використовується 70% і більше потужностей вугільних електростанцій. Використання понад 30% вугільних електростанцій (або більше 5 ГВт) може бути припинене без будь-яких наслідків. Поступова відмова від використання вугілля в Україні вже відбувається і змодельовано сценарій переходу, який передбачає лінійне закриття усіх 17 ГВт вугільних потужностей в Україні у період 2021–2030 рік. Одночасно встановлена потужність виробництва електроенергії з ВДЕ і за цим сценарієм має досягти 35 ГВт до 2030 року. Такі потужності, як атомна генерація, залишаються незмінними або будуть змінюватись відповідно до поточних заяв/планів щодо закриття або введення в експлуатацію [6].

Видобуток кам'яного вугілля за роки незалежності в Україні стрімко скоротився (рис. 1), а найбільший обсяг видобутку в історії країни був зафіксований в 1976 році – 218,1 млн т.

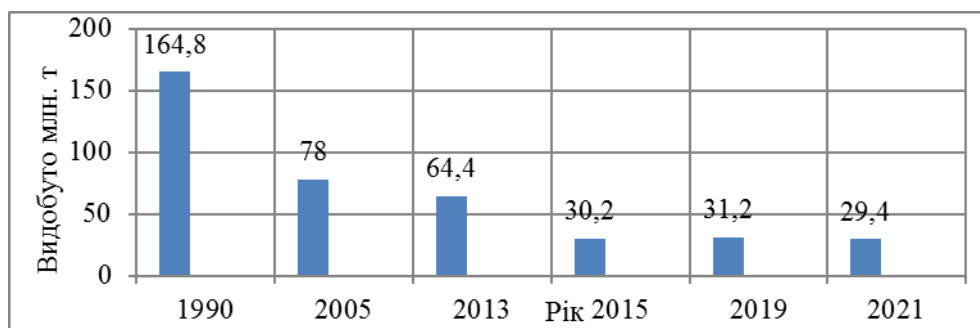


Рисунок 1 – Динаміка видобутку кам'яного вугілля.

На рис. 2 приведена динаміка видобутку нафти в Україні. При зменшенні видобутку нафти суттєво скоротилось виробництво автомобільного пального і мастил та попутного зрідженого вуглеводневого газу (ЗВГ) пропан-бутану. Пропан-бутан зберігається і перевозиться під тиском до 1,6 МПа. В багатьох країнах ЗВГ дешевше від природного газу, він знайшов використання в побуті, для потреб автотранспорту та при опаленні будинків, як альтернатива природному газу [7].

Країна суттєво скоротила обсяги видобутку нафти і потужності її переробки. За офіційними даними митної служби в 2021 році Україна імпортувала продукції на 73,32 млрд дол. а на паливо, нафту та нафтопродукти прийшлося 14,9 % всього імпорту. Протягом року було експортовано продукції на 68,24 млрд дол., на зернові продукти прийшлося 12 %, на експорт металу – 14 %. Таким чином величина імпорту Україною палива, нафти та нафтопродуктів значно перевищують величину експорту основних видів українського експорту. Це означає гостру необхідність зменшення енергоспоживання (палива, нафти та нафтопродуктів), зростання обсягів виробництва енергії з ВДЕ та підвищення вартості автомобільного пального.

Викопні види палива, як і раніше, становлять 80 % від загального обсягу енергопостачання у світі, при цьому на нафту приходиться 29 %, за нею йде вугілля (27 %) та природний газ (24 %). У глобальних

викидах при спалюванні палива переважає вугілля (45 %), за ним нафта (32 %) та природний газ (22 %). [8].

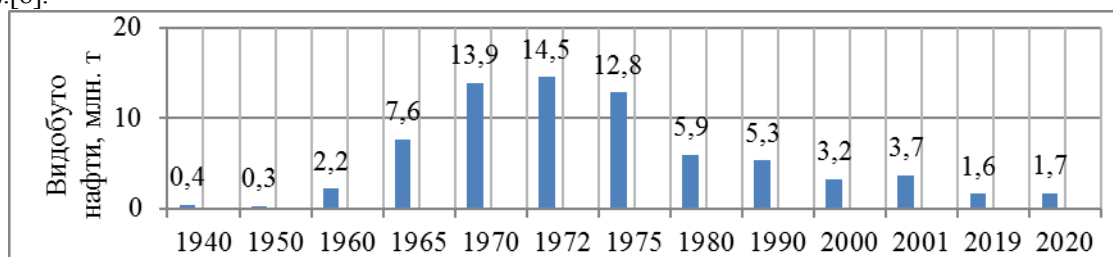


Рисунок 2 – Динаміка видобутку нафти в Україні.

**Природний газ.** Видобуток природного газу в колишньому СРСР розпочався з України і тривалий час за обсягами його використання Україна в складі СРСР займала 3 місце в світі після РФ і США. В окремі роки питома вага природного газу в енергетичному балансі країни складала 44%, тоді як в світі - 20–23 %. За роки незалежності власний видобуток природного газу в Україні зменшився з рекордних 70 млрд м<sup>3</sup> в 1987 році до 18-20 млрд м<sup>3</sup> в останні роки. Станом на 2021 рік Україна входить до складу 5 європейських лідерів-виробників природного газу (млрд. м<sup>3</sup>): Норвегія -114; Велика Британія - 32,7; Україна – 18,6; Нідерланди – 18,2; Румунія – 8,5. Для поліпшення екологічної ситуації з огляду на практику зарубіжних країн відбуватиметься скорочення використання і природного газу. Зокрема, в Британії уряд оголосив, що вже з 2025 року в нових будинках будуть заборонені установки газових котлів.

Динаміка споживання природного газу в Україні демонструє тенденцію до його стрімкого зниження, переважно за рахунок зменшення споживання промисловими підприємствами (рис. 1). Україна і по сьогодні має у світі один із найвищих рівнів газоємності ВВП, споживає приблизно такий самий обсяг природного газу, як Швеція, Бельгія, Польща, Чехія, Норвегія, Естонія та Латвія разом узяті.

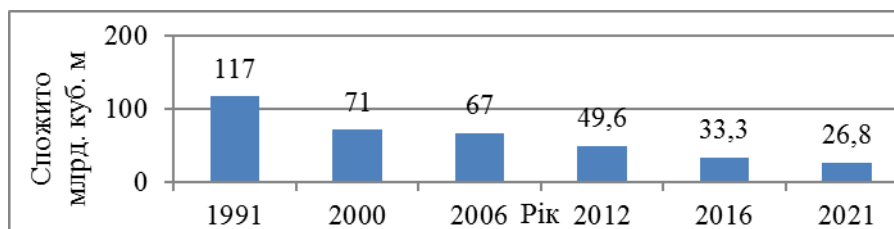


Рисунок 3 – Динаміка споживання природного газу в Україні.

Цілком очевидно, що природний газ залишиться в Україні основним видом палива для утримання житлового фонду.

Для полегшення зберігання і транспортування на великі відстані природний газ штучно скраплюється шляхом охолодження до температури -158...-163 °С. Скраплений природний газ (СПГ), англ. LNG – liquefied natural gas – це криогенна рідина, яка зберігається в ізотермічних резервуарах. СПГ перетворюється в газоподібний стан на спеціальних регазифікаційних терміналах. При регазифікації з 1 м<sup>3</sup> скрапленого газу утворюється близько 600 м<sup>3</sup> трубного природного газу. СПГ не токсичний, майже в два рази легше бензину.

За оцінками Міжнародного газового союзу, з 2000 по 2030 рік в розвиток індустрії СПГ буде інвестовано більше 300 млрд. дол. Світове споживання СПГ зростає на 10 % в рік, тоді як звичайного (трубопровідного) – тільки на 2,4 %. Згідно з існуючими прогнозами в 2020 році частка СПГ в світовій торгівлі газом мала скласти близько 35 % (для порівняння: в 1970 р – 3 %), а у 2030 році на частку СПГ припадатиме вже близько 60 % торгівлі природним газом, що буде відповідати 18-20 % загального обсягу природного газу, що споживається в світі [5].

Російське вторгнення в Україну додатково стимулює країни ЄС до прискорення розвитку ВДЕ, які допоможуть знизити їх залежність від імпорту природного газу з РФ. За прогнозом МАЕ, зелена енергетика зростатиме рекордними темпами наступні 5 років і встановить паритетні ціни з викопними джерелами енергії у 2026 році.

В роботі [10] наведений прогноз стрімкого зростання ВДЕ в Європі. Європейська комісія вже представила свою Стратегію щодо зменшення залежності ЄС від російського газу на 67 % протягом 2022 року, а повністю — «задовго до 2030 року». У 2020 році частка ВДЕ у балансі ЄС становила понад

22 %. Спочатку планувалось до 2030 року збільшити цей показник до 40%, але, відповідно до REPowerEU, частка має зрости до 45 %. До 2025 року частка сонячних панелей має зрости вдвічі щодо поточного рівня — до 320 ГВт, а до 2030 року до 600 ГВт.

**Український досвід функціонування СЕС.** Більшість діючих потужних українських СЕС та ВЕС знаходяться на півдні та південному сході України, деякі з них опинилися під окупацією, там розграбовані диспетчерські пункти управління, знищені автопарки, які обслуговували ці електростанції. В липні місяці 2022 року Асоціації України та ЄС підписали спільну заяву із закликом використовувати відновлювані ресурси у повноєнному відновленні України. Вони встановили амбітну мету: досягти 50% ВДЕ (до війни ця частка складала 13,2 %) у виробництві електроенергії до 2030 року. Йдеться про вітроенергетику, сонячну енергетику, біоенергетику та гідроенергетику. В Україні в останні роки стрімко зростає потужність СЕС (рис. 4). Станом на початок 2022 року встановлена сукупна їх потужність складала 9,5 ГВт, а обсяг інвестицій у галузь сягнув \$ 12 млрд.

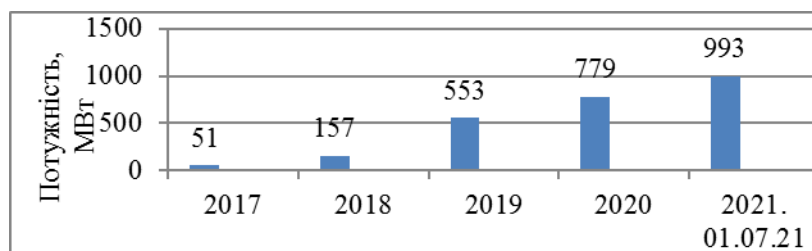


Рисунок 4 – Динаміка зростання потужностей СЕС домогосподарств України.

Міжнародне агентство із відновлюваних джерел енергії констатує, що у 2020 році за показником загальної потужності СЕС Україна посідала в Європі 6-е місце. А за темпами зростання СЕС знаходилась на 4-му місці. Міненерго зазначає, що загальна встановлена потужність об'єктів ВДЕ становить 8,4 ГВт, промислові СЕС – 6,1 ГВт, а домашні СЕС лише 0,8 ГВт.

Так історично склалось, що визначально в Україні введення зеленого тарифу найвищого в світі на сонячну енергетику було зорієнтовано на отримання прибутку, а не для зменшення вартості електроенергії при її споживанні населенням для опалення, гарячого водопостачання та інших потреб. Трендом розвитку енергосистем розвинутих країн є не лише декарбонізація, децентралізація але і орієнтація на споживача та створення ринкової конкуренції на енергетичному ринку. Зокрема, Bloomberg New Energy Outlook зазначає, що до 2050 року третина встановлених сонячних потужностей буде належати споживачам і знаходитиметься за межами «лічильника».

За останніми офіційними даними домогосподарства України наростили потужність приватних СЕС у 2022 році на 78%. Встановлена потужність сонячних електростанцій приватних домогосподарств України на кінець третього кварталу 2022 року сягнула 1385 МВт, що на 78% більше порівняно з даними на кінець 2021 року.

**Балконні мікро СЕС.** Напівлегально в містах європейських країнах експлуатуються тисячі балконних і фасадних мікро СЕС. З юридичної точки зору не існувало офіційної заборони на їх встановлення, хоча існують архітектурні обмеження зміни фасадів будівель, які визнані історичною цінністю або архітектурними пам'ятками. В багатьох країнах вважалось, що сонячні балконні електростанції порушують існуючі норми безпеки, оскільки на балконах розміщені квіткові горщики, сушарки для білизни, тощо. Ще в 2017 році у Європі було розроблено проект нового технічного стандарту DIN VDE 0100-551-1 «Низьковольтне обладнання для виробництва електроенергії – підключення устаткування для генерації електроенергії для паралельної роботи з іншими джерелами енергії, включаючи громадську мережу розподілу електроенергії», який робить підключення балконних сонячних батарей повністю легітимним. Цей стандарт значно спрощує використання альтернативних джерел енергії на балконах і фасадах з точки зору законодавства. Вигоду отримують не лише окремі власники балконних електростанцій але і держава, тому що зменшується енергоспоживання із загальних електромереж.

Балконні мікро СЕС представлено більше 200 різновидами для міських квартир в ціновому діапазоні від 300 до 1000 євро [11]. Максимальна потужність балконних електростанцій до 600 Вт, вони підключається до розетки квартири через спеціальний пристрій і направляють згенеровану енергію в мережу, яка потім витрачається на роботу побутових споживачів. За рік заощаджується до 20% коштів на рахунках за електрику. За прогнозами експертів, вартість таких електростанцій повертається через 4-6 років після їх встановлення. (Рис. 5).



Рисунок 5 – Зовнішній вигляд фасадних і балконних мікро СЕС.

В Німеччині кожна друга СЕС для домогосподарств продавалась разом із сонячним накопичувачем енергії, це дозволяє суттєво збільшити частку власного споживання сонячної електрики. Від накопичувачів енергії велика користь для енергосистеми країни, вони в цілому поглинають і «згладжують» пікові вершини виробництва енергії СЕС в літній період.

Уряд Німеччини [12] зобов'язує монтувати на покрівлі сонячні панелі, передбачається ухвалення регіонального закону про обов'язкове встановлення з 2024 року СЕС на дахах усіх нових промислових та комерційних споруд, з 2025-го – на дахах нових житлових будівель, а з 2026-го – на будь-яких будинках після проведення ремонту даху.

Зростання обсягів ВДЕ та наявність інших електрогенеруючих потужностей в Україні має сприяти зменшенню, або навіть поступові відмові від імпорту природного газу. Через заборону Туреччини проходу кораблів–газовозів через Босфор Україна не має доступу до морських відповідних причалів для прийняття СПГ. Цілком очевидно, що в наступному 2023 році Україна може отримати американський СПГ через газопровід із Польщі. До основних власників джерел генерації електроенергії з ВДЕ відносяться, %: ДТЕК (30); іноземні інвестори (30); іноземні інвестори (30) і домогосподарства (10) [13]. За даними Держенергоефективності, лише 7,5 тис. домогосподарств з 6,5 млн або лише 0,1% домогосподарств України встановили сонячні панелі.

Як відомо, основна мета стимулювання домашньої електрогенерації – зменшення її вартості для домогосподарства та наближення виробленої електроенергії до споживача. Існуюча система підтримки приватних виробників енергії за "зеленим" тарифом орієнтована на отримання ними прибутків, а не на покриття власного споживання. Наразі "зелений" тариф складає приблизно 0,16–0,18 євро, ринкова ціна – 0,04 євро. Це спонукає власників домашніх сонячних електростанцій до максимального спрямування дорогої електричної енергії в мережу з метою отримання прибутку. Міністерство енергетики наводить дані, що у 15% домогосподарств, що встановили приватні СЕС, взагалі відсутнє споживання, а в 11% воно становить лише 1 кВт-год/місяць. Загалом 41% домогосподарств споживає менше ніж 10 кВт-год/місяць, навіть узимку. На сьогодні задекларовано внесення змін в законодавство щодо функціонування СЕС.

**Централізована система опалення.** Вона добре себе зарекомендувала в умовах низьких цін на енергоносії і думувала саме в колишньому СРСР. За офіційними даними мережі тепlopостачання в Україні є вкрай застарілими, і серед 19,8 тис. км. теплотрас (у двотрубному еквіваленті) більше 65% знаходяться в експлуатації більше 25 років. Потребує заміни 7-17 тис. км тепломереж (у двотрубному еквіваленті) оскільки рівень аварійності складає щонайменше 20% (до 70% за вибірковими даними), а рівень втрат у мережах 16% (до 50% в окремих регіонах). Вартість втрат теплової енергії автоматично переноситься в тарифи на опалення. Така ситуація триває багато років і це особливо є відчутним для власників багатоквартирних будинків.

Відмова від централізованої системи опалення квартири на користь газового або електричного опалення зустрічає супротив тепло передаючих компаній через потенційну можливість розбалансування системи тепlopостачання і горячого водопостачання монополіста і потенційних втрат прибутку.

З огляду світового досвіду для опалення житлового фонду має існувати альтернатива вибору джерела опалення, що спонукає до конкуренції, і як наслідок, до зменшення вартості цієї послуги. Централізоване опалення практично відсутнє в Японії крім однієї префектури Хоккайдо, в більшості європейських країн його доля коливається 25–30% і поясненням цьому є те, що переважна більшість

населення проживає в малоповерхових будинках. Згідно з німецьким "Дзеркалом опалення"[14] житлові й громадські будинки площею від 501 до 1000 кв.м найдешевше обігрівати тирсою (6,80 євро на рік в перерахунку на один кв.м). На другому місці – пелети (9,50 євро), на третьому – теплові насоси (9,80 євро), на четвертому – газ (10 євро), на п'ятому – дизельне паливо (12,10 євро за кв.м на рік). А найдорожчим у Німеччині є централізоване мережеве тепlopостачання (12,30 євро за кв.м на рік). В Німеччині в окремих містах 30–50% і приватних будинків опалюється газом. Але за підрахунками експертів, найбільш економічний та екологічний спосіб опалювати тирсою та пелетами. Тому газ і дизпаливо залишаються головними джерелами тепла у німецьких будинках. Частка газу становить 45,9 %, дизпалива – 29,8 %.

З 2018 року в Німеччині теплові насоси влаштовуються практично в кожному третьому новому жилловому будинку. При цьому використовуються повітряні, водяні і геотермальні теплові насоси. Коефіцієнт теплопередачі тепловим насосом контролюється і має становити не менше 2,5 – іншими словами при витраті енергії на роботу насоса забезпечується повернення в мережу в 2,5 рази більше енергії.

**Електроопалення житла.** Для опалення житла альтернативою природному газу є електрична енергія. В Україні, як і в багатьох країнах світу, для опалення житлових будинків використовується електроенергія. Система електроопалення передбачає можливість використання тепловентиляторів та конвекторів, приладів інфрачервоного випромінювання, електронагрівачів плінтусних, влаштування теплої підлоги, класичної водяної системи опалення, обладнаної електричним котлом і радіаторами, використання теплових насосів, які забирають тепло землі, води, повітря, різноманітних стоків та передають його в будинок і працюють за принципом «холодильника навпаки».

З початку травня по кінець вересня власники квартир з електроопаленням платять за електрику по базовому тарифу:

0,9 грн/кВт•год при споживанні до 100 кВт•год;

1,68 грн/кВт•год при споживанні понад 100 кВт•год.

Починаючи з жовтня по кінець квітня діє пільговий тариф:

0,9 грн/кВт•год при споживанні до 3000 кВт•год;

1,68 грн/кВт•год при споживанні понад 3000 кВт•год.

Використання двозонного лічильника дозволяє платити за спожиту з 23:00 до 7:00 електроенергію в два рази менше.

Тарифи на електроенергію в Україні поки що далекі від економічно обґрунтованих і в 3–5 раз нижчі ніж в країнах ЄС, а отже у 2022-2023 роках вартість енергії мала б зростати. Ще з 1 січня 2021 року уряд України скасував усі пільги на електроенергію, запровадивши єдиний тариф 1,68 грн за кВт-год, у тому числі й за умови використання електрики для опалення житла. Вартість опалення електроенергією зросла майже вдвічі. Кабмін запровадив компенсації для 600 тис. споживачів, будинки яких обладнані електроопалювальними установками, але лише на перший квартал 2021 року. З 1 жовтня домогосподарства, які споживають менше 250 кВт-год на місяць, платитимуть по 1,44 грн за кВт-год. Для тих, хто споживає більше електроенергії, ціни залишать на нинішньому рівні – 1,68 грн за кВт-год.

Сама процедура переходу на електроопалення прописана, щоб перейти на електроопалення з пониженим тарифом необхідно звернутись до місцевого РЕМ і надати низку документів:

- копія значних сторінок паспорта громадянина України;
- ідентифікаційний код;
- акт на право володіння / користування житлом;
- документ, що підтверджує відсутність газового та центрального опалення;
- техпаспорт на обладнання;
- техпаспорт квартири / приватного будинку;
- договір з РЕМ про енергозабезпечення;
- заява про підключення електроопалення;
- якщо право власності на житло зареєстроване на іншу людину, необхідна його довіреність та паспорт.

Після розгляду в РЕМ заяви та позитивному її рішенні необхідно буде підписати новий договір «Про надання електроенергії». Приєднання до електричних мереж новозбудованих, реконструйованих чи технічно переоснащених електроустановок (які належать юридичним особам усіх форм власності, фізичним особам — підприємцям та населенню) здійснюється за інструкцією "Порядок надання послуг



з приєднання електроустановок до електричних мереж”.

В самій інструкції передбачена низка вимог з терміном їх проходження місяць і більше. Зокрема, підрядна організація повинна провести монтажні роботи впродовж 45 календарних днів, багатофункціональний лічильник проходить “вхідний контроль” впродовж 30 календарних днів, виміри контуру заземлення проводить акредитована лабораторія впродовж 30-ти календарних днів, стандартне приєднання передбачає довжину електрокабеля 25 метрів до діючих мереж потужністю до 16 кВт та інше.

Таким чином процес переводу будинку на електроопалення являється трудомістким, тривалим та високовартісним. Відсутня економічна зацікавленість місцевих РЕМ в проведенні такого переходу для пересічного споживача. Відсутня зацікавленість і у власників центральних теплових мереж і це пояснюється потенційною розбалансованістю теплових мереж.

На електроенергію припадає близько 20 % всього кінцевого споживання енергії у світі, але її частка в енергетичних послугах значно вища через її ефективність. Вона займає центральне місце в багатьох аспектах повсякденного життя і стає все більш актуальним у міру того, як електрика поширюється на нові області кінцевого використання, такі як електромобілі та теплові насоси. У 2021 році на електроенергетичний сектор припадало 59 % всього вугілля, що використовується у світі, а також 34% природного газу, 4 % нафти, 52 % усіх ВДЕ і майже 100 % ядерної енергії. На нього також припадало більше однієї третини всіх викидів CO<sub>2</sub>, пов'язаних з енергетикою, у 2021 році [15].

Відповідно до Енергетичної стратегії виробництво електроенергії в Україні може зрости до 178 млрд кВт • г в 2025 році, 185 млрд кВт • г в 2030 році і 195 млрд кВт • г в 2035 році. Доля частки АЕС і ТЕС при виробництві електроенергії має зменшуватись, а ВДЕ зростати.

Розглядаються інші варіанти забезпечення України електричною енергією:

Україна та США під час кліматичної конференції COP27 в Єгипті домовилися про спільний пілотний проєкт з будівництва малого модульного реактора. Його мета – виробництво чистого водню та аміаку за допомогою безпечного малого модульного ядерного реактора (SMR) і передових технологій електролізу. Такі реактори значно менші від тих реакторів, що встановлюються на АЕС.

Турецька компанія Karpowership повідомляє, що веде переговори про відправку плавучих «електроходів» до України для постачання електрики; «Укртрансгаз» має кілька меморандумів з європейськими операторами підземного зберігання газу, які прийшли до випробувань в реальності можливостей зберігання водню, який розглядається як альтернатива природному газу.

Світовий досвід будівництва і утримання житла свідчить, що малоповерхове індивідуальне житло являється найбільш привабливим через низку відомих причин. До малоповерхових житлових будинків відносяться будинки до 3 поверхів. Уроки російсько-української війни диктують необхідність децентралізації інженерного забезпечення житлового фонду та прийняття Закону України про обмеження будівництва багатоповерхового житла, оскільки це відповідає практиці розвинених країн світу. В європейських країнах будується приблизно 70–75 % малоповерхового житла, а в США і Канаді – більше 90 %, в Україні – лише наближається до 50 %. А для зменшення витрат енергії на утримання житлового фонду (читай і викидів парникових газів) мають бути створені конкурентні умови доступу споживачів до всіх можливих видів опалення.

## Висновки

До основних організаційно-технічних заходів утримання житлового фонду в умовах декарбонізації будівництва слід віднести:

- відновлення та тепло модернізація житлового фонту та теплових мереж;
- реалізація відбору тепла від витяжного повітря (рекуперація);
- на фоні зменшення використання викопних видів палива мають нарощуватись обсяги виробництва електроенергії з ВДЕ та виробництво і використання її накопичувачів;
- сприяння влаштування СЕС в приватних домогосподарствах з встановленням акумуляторних батарей;
- посилення штрафів за викиди парникових газів наближених до рівня європейських країн;
- заборона ввезення та використання конвекційних газових котлів для опалювання будинків природним газом;
- стимулювання використання конденсаційних котлів при опалюванні будинків природним газом;
- використання теплових насосів для опалення будинків;
- впровадження теплоакуючих систем електроопалення будинків з використанням нічного

тарифу;

- розробка національного стандарту щодо влаштування балконних та фасадних мікро СЕС та організаційна перебудова реалізації механізму «зеленого» тарифу.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Рівні CO<sub>2</sub> атмосфери у травні та чотири мільйони років тому зрівнялися, [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://nauka.ua/news/rivni-co2-v-atmosferi-dosyagli-pokaznika-chotiroh-miljoniv-rokiv-tomu>.
2. Мировая экономика. Энергоемкость ВВП стран мира. Электронный ресурс. Режим доступу: // <http://Supervisor.okis.ru/mirovaja-ekonomika/ht>.
3. Fesanghary M. Design of low mission and energy efficient residential building using a multi objective optimization algorithm / M. Fesanghary, S. Asadi, Z. W. Geem // Building and Environment. - №49. - 2012. - P. 245–250.
4. Сердюк В.Р., Бричанський Д.О. Зростання приведенного опору огорожувальних конструкцій житлових будинків. МНТК «Інноваційні технології в будівництві» ВНТУ. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2022/paper/viewFile/16605/13856>.
5. Чиста енергія для всіх в Україні. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://ecoaction.org.ua/chysta-enerhia-dlia-vsikh-ua.html>.
6. Економічні наслідки поступової відмови від використання вугілля в Україні до 2030 року / М. Пройс, О. В. Михайленко, І. Сабака, Б. Пробст; за заг. ред. П. Баума. - К.: 7БЦ, 2021.-140 с.
7. Сердюк В.Р., Дишкант Н.О. Актуальність використання зрідженого вуглеводневого газу для опалення малоповерхової житлової забудови // Міжн. НТЖ Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. №2. 2016. – С.55-61.
8. Обзор мировой энергетики 2022 г. Электронный ресурс. Режим доступу: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>.
9. Лавренченко Г.К. Сжиженный природный газ: перспективы производства и использования /Технические газы. №3. 2014. –С.3-5.
10. Калишина А. Глобальное позеленение. Европу зимой ждет самый тяжелый энергетический кризис с 1973 года, это резко ускорит «зеленый переход». Электронный ресурс. Режим доступу: <https://theins.ru/ekonomika/253943>.
11. В Германии набирают популярность балконные солнечные электростанции Электронный ресурс. Режим доступу: <https://generacia.energy/ru/novosti/v-germanii-nabirajut-populjarnost-balkonnnye-solnechnye-23072020/>.
12. 12 Правительство Германии обяжет немцев устанавливать на крыше солнечные панели «Как сообщает www.germania.one Электронный ресурс. Режим доступу: [https://germania.one/pravitelstvo-germanii-objazhet-nemcev-ustanavlivat-na-kryshe-echnye-aneli/?utm\\_source=yxnews&utm\\_medium=des](https://germania.one/pravitelstvo-germanii-objazhet-nemcev-ustanavlivat-na-kryshe-echnye-aneli/?utm_source=yxnews&utm_medium=des).
13. Що таке VDE в Україні: реальна статистика, липень 2021. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://euea-energyagency.org/wp-content/uploads/2021/07/SHHo-take-VDE-v-Ukrai-.pdf>.
14. Як опалюють будинки німці. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.dw.com/uk/%D0%BE%D0BB%>.
15. Обзор мировой энергетики 2022 г. Электронный ресурс. Режим доступу: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>

### REFERENCES

1. Atmospheric CO<sub>2</sub> levels equalized in May and four million years ago, [Electronic resource]. Access mode: <https://nauka.ua/news/rivni-co2-v-atmosferi-dosyagli-pokaznika-chotiroh-miljoniv-rokiv-tomu>.
2. World economy. Energy intensity of GDP of countries of the world. Electronic resource. Access mode: // <http://Supervisor.okis.ru/mirovaja-ekonomika/ht>.
3. Fesanghary M. Design of low mission and energy efficient residential building using a multi objective optimization algorithm / M. Fesanghary, S. Asadi, Z. W. Geem // Building and Environment. - #49. - 2012. - R. 245–250.
4. Serdyuk V.R., Brychanskyi D.O. The increase in the reduced resistance of the enclosing structures of residential buildings. МНТК "Innovative technologies in construction" of VNTU. Electronic resource. Access mode: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2022/paper/viewFile/16605/13856>.
5. Clean energy for everyone in Ukraine. Electronic resource. Access mode: <https://ecoaction.org.ua/chysta-enerhia-dlia-vsikh-ua.html>.
6. Economic consequences of the gradual abandonment of the use of coal in Ukraine until 2030 / M. Preys, O. V. Mykhaylenko, I. Sabaka, B. Probst; in general ed. P. Baum. - K.: 7BC, 2021.-140 p.
7. Serdyuk V.R., Dyshkant N.O. Relevance of the use of liquefied hydrocarbon gas for heating low-rise residential buildings // Inter. NTZH Modern technologies, materials and structures in buildings. No. 2. 2016. – P.55-61.
8. Overview of world energy 2022. Electronic resource. Access mode: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>.
9. Lavrenchenko H.K. Liquefied natural gas: prospects for production and use /Technical gases. No. 3. 2014. – P.3-5.
10. Kalyshina A. Global greening. Europe is facing the worst energy crisis since 1973 in the winter, which will dramatically accelerate the "green transition". Electronic resource. Access mode: <https://theins.ru/ekonomika/253943>.
11. Balcony solar power plants are gaining popularity in Germany Electronic resource. Access mode: <https://generacia.energy/ru/novosti/v-germanii-nabirajut-populjarnost-balkonnnye-solnechnye-23072020/>.
12. The German government will oblige the Germans to install solar panels on their roofs, according to www.germania.one Electronic resource. Access mode: [https://germania.one/pravitelstvo-germanii-objazhet-nemcev-ustanavlivat-na-kryshe-echnye-aneli/?utm\\_source=yxnews&utm\\_medium=des](https://germania.one/pravitelstvo-germanii-objazhet-nemcev-ustanavlivat-na-kryshe-echnye-aneli/?utm_source=yxnews&utm_medium=des).
13. What is RES in Ukraine: real statistics, July 2021. Electronic resource. Access mode: <https://euea-energyagency.org/wp-content/uploads/2021/07/SHHo-take-VDE-v-Ukrai-.pdf>.
14. How Germans heat houses. Electronic resource. Access mode: <https://www.dw.com/uk/%D0%BE%D0BB%>.
15. Overview of world energy 2022. Electronic resource. Access mode: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>

**Сердюк Василь Романович** – д.т.н., професор кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, e-mail: [vasromvs@gmail.com](mailto:vasromvs@gmail.com), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2927-6291>.

**Бауман Катерина Володимирівна** – к.т.н., доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет. e-mail: [bauman@vntu.edu.ua](mailto:bauman@vntu.edu.ua), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7138-6113>.

**V. Serdyuk  
K. Bauman**

## PRIORITIES IN THE USE OF FOSSIL FUEL TYPES AND MAINTENANCE OF THE HOUSING FUND

Vinnitsia National Technical University

*The trends of global temperature increase in the world due to excessive burning of fossil hydrocarbons are given. Excessive extraction and burning of fossil fuels (hard coal, petroleum products, natural gas) have led to an increase in their cost and climate change. About 40% of CO<sub>2</sub> emissions today come from burning coal, 33% from oil refining products, and 22% from natural gas. An increase in CO<sub>2</sub> content in the atmosphere leads to a drop in the Earth's surface temperature. At the global level, the world community has adopted three main international agreements on climate change: the UN Framework Convention on Climate Change (1992); Kyoto Protocol (1997); Paris Agreement (2015). More than 190 countries have signed the Paris Agreement. Its main goals are to achieve carbon neutrality by 2050 and to keep the increase in the global average temperature below 2°C by 2100, preferably to 1.5°C.*

*The construction industry is responsible for consumption of up to 40% of all energy, which are used in economies countries of the world In the summarized reports of experts at the 27th UN Conference on Climate Change (COP27), which took place in 2022 year in Egypt (Sharm el-Sheikh) it was stated that in 2022 1% more CO<sub>2</sub> will be released into the atmosphere than in in 2021. The main volumes of greenhouse gas emissions come from the burning of fossil fuels. Brought comparative analysis of CO<sub>2</sub> emissions when burning different types of fuel.*

*The dynamics of the production of fossil fuels - hard coal, oil and natural gas - is studied, which indicates a significant decrease in their production and consumption. Modern approaches to the growth of RES volumes are considered, the dynamics of the growth of SPP capacities are given. On the basis of European experience, the prospects for the installation of balcony mini SPPs are shown.*

*Individual heating systems and decentralization of engineering systems for providing housing help to increase their stability in adverse conditions. The organizational features of the transfer of the housing stock from a centralized heating system to individual electric and gas heating are revealed. Based on the analysis of the European experience of maintaining the housing stock, the main directions for reducing energy consumption and greenhouse gas emissions of the existing housing stock are given.*

*Keywords: energy efficiency in construction, greenhouse gases, fossil fuels, decentralization heat supply, individual electric and gas heating.*

**Serdyuk Vasyil** – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Construction, Urban Economy and of architecture, Vinnitsia National Technical University, e-mail: [vasromvs@gmail.com](mailto:vasromvs@gmail.com), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2927-6291>.

**Bauman Kateryna** – PhD, Associate Professor of department of construction, architecture and municipal economy, Vinnitsia National Technical University, e-mail: [bauman@vntu.edu.ua](mailto:bauman@vntu.edu.ua). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7138-6113>.