



**АНАЛІЗ СОБІВАРТОСТІ  
БУДІВНИЦТВА ТА РИНКОВОЇ  
ВАРТОСТІ ЖИТЛА  
ПОРІВНЯНО З ПОТОЧНОЮ  
РИНКОВОЮ ВАРТІСТЮ**

автор Д. Прокопенко

## АНОТАЦІЯ

У звіті представлено детальний аналіз собівартості будівництва житлових і громадських будівель. Документ містить порівняння вартості будівельних матеріалів, трудових ресурсів, а також витрат на енергію та комунальні послуги в різних регіонах України. Дослідження охоплює питання вибору оптимальних матеріалів та технологій для забезпечення ефективності та економічності будівництва.

У звіті також розглядаються аспекти управління будівельними проектами, включаючи планування, контроль якості, ризики та управління витратами. Окрему увагу приділено аналізу нормативної бази та її впливу на собівартість будівництва.

Звіт підкреслює важливість інноваційних підходів і технологій у будівництві, таких як використання енергозберігаючих матеріалів і систем, що можуть значно зменшити експлуатаційні витрати будівель у довгостроковій перспективі.

Цей звіт буде корисний для фахівців у галузі будівництва, економістів, управлінців проектами, а також для представників державних органів, які займаються питаннями будівництва та житлово-комунального господарства. Він також може бути цікавим для науковців, викладачів та студентів, які досліджують сучасні тенденції у сфері будівництва та економіки.

---

Цей звіт підтриманий Європейською кліматичною фундацією. Відповідальність за інформацію та погляди, висловлені у цьому звіті, лежить на авторах. Європейська кліматична фундація не може бути визнана відповідальною за будь-яке використання інформації, яка викладена в цьому звіті.

# ЗМІСТ

<b>1. Аналіз поточного стану будівельного фонду України, порівняно з діючими вимогами та вимогами до будівель з близьким до нульового споживання</b>	4
1.1 Аналіз основних характеристик типових будівель	9
<b>2. Детальний опис покращених технологічних рішень. Переваги і недоліки їх використання</b>	12
<b>3. Порівняння вартості нового будівництва/реконструкції відповідно до діючих та підвищених стандартів з енергоефективності</b>	17
3.1. Економічний ефект від підвищення опору огорожувальних конструкцій до досягнення показників NZEB	17
3.1.1. Стіни	17
3.1.2. Світлопрозорі огорожувальні конструкції	18
3.2. Економічний ефект від використання відновлювальних джерел енергопостачання	20
3.2.1. Сонячна енергія	20
3.2.2. Геотермальна енергія (теплові насоси)	21
3.2.3. Аеротермальна енергія	22
3.3. Економічний ефект від удосконалення технологічних рішень	23
3.3.1. Встановлення ІТП з системою енергомоніторингу	23
3.3.2. Система охолодження	23
3.3.3. Система вентиляцій	24
<b>4. Рекомендації щодо зниження собівартості будівництва за стандартами NZEB</b>	24
4.1. Напрацювання типових вузлів і рішень	24
4.1.1. ДСТУ 9191. Додаток Г.1, Вузол №1. Вузол примикання зовнішніх стін до міжповерхового перекриття	25
4.1.2. ДСТУ 9191. Додаток Г.1, Вузол №15. Вузол примикання СПК до зовнішніх стін в зоні підвіконня	26
4.2. Навчання спеціалістів	27

## **1. АНАЛІЗ ПОТОЧНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬНОГО ФОНДУ УКРАЇНИ, ПОРІВНЯНО З ДІЮЧИМИ ВИМОГАМИ ТА ВИМОГАМИ ДО БУДІВЕЛЬ З БЛИЗЬКИМ ДО НУЛЬОВОГО СПОЖИВАННЯ**

Житлові та громадські будівлі відіграють дуже суттєву роль в енергетичному балансі України. З урахуванням того, що для їх енергозабезпечення використовується переважно викопні джерела енергії (в основному природний газ та електроенергія з відновлювальних джерел), це також призводить до суттєвих викидів вуглекислого газу, а також до необхідності імпорту природного газу.



Виходячи з цього – забезпечення ефективного споживання енергоспоживання на рівні будівель вирішує одразу ряд проблемних питань:

- зменшення затрат на енергозабезпечення;
- зниження рівня викидів парникових газів;
- підвищення енергетичної безпеки як окремих споживачів, так і держави в цілому;
- покращення умов мікроклімату в приміщеннях.

Забезпечення ефективного енерговикористання базується на наступних пунктах:

- нормативне забезпечення в сфері будівництва, що стосується ефективності енергоспоживання (вимоги до оболонки та інженерних систем, нормування витрат енергії - енергосертифікація);
- ефективне планування робіт з термомодернізації (енергетичний аудит) та контроль за якістю виконання та досягнутим ефектом (енергоменеджмент та енергомоніторинг);
- ефективна експлуатація будівель, зокрема інженерних систем для забезпечення мінімально можливого енергоспоживання для забезпечення комфортних умов для мешканців, відвідувачів та персоналу.

Загальна ефективність споживання енергії в секторі будівель залишається на низькому рівні, що пов'язано з наступними причинами:

- дуже низька частка доля будівель, що термомодернізуються через відсутність фінансування на реалізацію заходів (власних або дешевих кредитних);
- дотаційні тарифи для житлового сектору, що робить проекти комплексної термомодернізації та використання відновлювальних джерел (зокрема, сонячної енергії) неокупними, а також не стимулює до ощадного споживання в нових та модернізованих будівлях. При цьому житловий сектор займає найбільшу частку по використанню як електричної, так і теплової енергії в енергетичному балансі країни;
- практично повна відсутність вимог щодо ефективної експлуатації будівель після реновації і необхідність досягнення фактичної економії енергоресурсів, а не розрахункової;

- відсутній контроль за рівнем енергоспоживання об'єктів після термореновації (крім поодиноких випадків, де це відбувається за кошти самих мешканців) і відповідальність виконавців не лише за якість робіт, а і за фактичне досягнення запланованих показників ефективності;
- невелика кількість спеціалістів, що можуть вести проекти з підвищення енергоефективності на всіх стадіях: від підготовки до будівництва до організації ефективного обслуговування та моніторингу фактичної економії;
- як результат – неефективне витрачання обмежених ресурсів на реновацію без фактичного зниження витрат енергоресурсів.

Відповідно до даних, наведених в Довгострокова стратегія термомодернізації будівель на період до 2050 року, наявний фонд житлових будівель має наступну структуру (Таблиця 1):

**Таблиця 1 . Основні показники житлового фонду України**

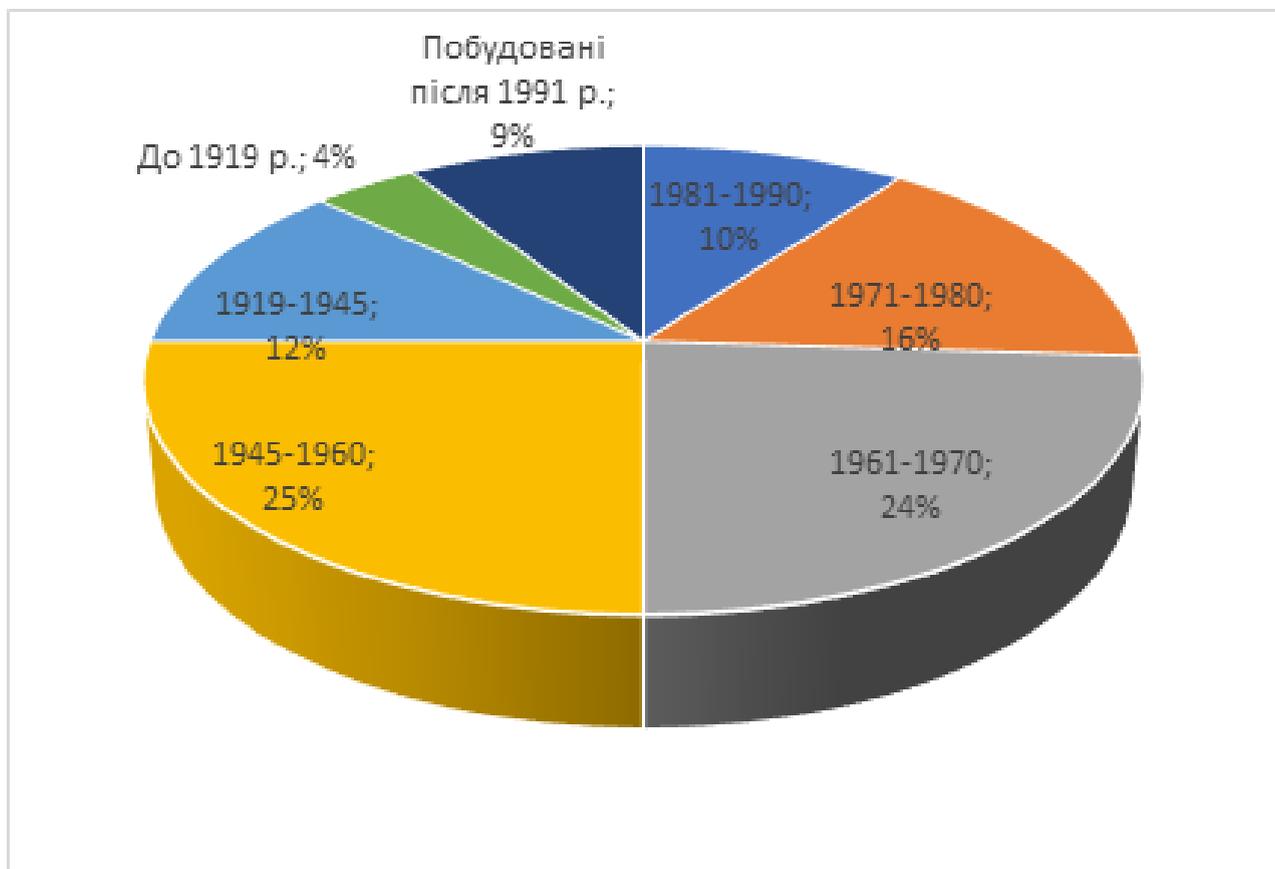
Загальна площа приміщень	1 079,5 млн м <sup>2</sup>
Площа приміщень, без урахування будівель на тимчасово окупованих територіях АР Крим , Донецької та Луганської областей	984,8 млн м <sup>2</sup>
Кількість житлових будинків (одно-, дво-, багатоквартирні будинки, гуртожитки)	9 154 372
Площа житлового фонду багатоквартирних будинків	599,4 млн м
Кількість багатоквартирних будинків (БКБ)	181 191*
Кількість старих (напівзруйнованих) будівель	45 539
Загальна кількість квартир	19,3 млн
Загальна кількість квартир, без урахування квартир на тимчасово окупованих територіях АР Крим, Донецької та Луганської областей	17,1 млн
Частка населення у багатоквартирних будинках	47,5%
Середня кількість осіб, що проживають у 1 квартирі	2,4
Кількість об'єднань співвласників будинків	33 000

На будівлі припадає 42% загального кінцевого споживання енергії в Україні, при цьому частка житлових будівель серед них складає близько 80% (33% від кінцевого споживання енергії в Україні) або 17,04 млн. т.н.е. загального кінцевого споживання енергії.

**Таблиця 2. Загальне кінцеве споживання енергії в національному фонді будівель України**

Загальне кінцеве споживання енергії, млн т.н.е.	51,65
Будівлі, млн т.н.е.	21,89
Частка будівель, з яких:	42%
нежитлові будівлі, млн т.н.е	4,85
житлові будівлі, млн т.н.е	17,04

Поділ житлових будинків за роком будівництва в цілому по Україні та структура житлового фонду за роком будівництва представлений на рис. 1.



**Рисунок 1. Структура житлового фонду за роком будівництва та розмірами**

На даний час більша частина будівель не відповідає діючим українським стандартам з огляду на стан огорожувальних конструкцій і інженерних систем. Але навіть для будівель, що збудовані в останні роки, наявні перевитрати енергії, що пов'язані з неефективним обслуговуванням. Виходячи з аналізу проведених енергетичних аудитів і сертифікатів, більша частина існуючих будівель має клас енергоефективності F, в той же час клас енергоефективності C або вище - мають дуже мало будівель.

Сектор житлових будівель (з часткою 33%) є другим за величиною споживачем енергії після промислового сектора (34%). З огляду на потенціал підвищення енергоефективності, що становить від 10% для порівняно недорогих швидкоокупних заходів до 60% за умови комплексної реновації, цей сектор є одним з основних для забезпечення цілей сталого розвитку та енергетичної безпеки держави. Це також дуже великий потенційний ринок для впровадження енергоефективних проєктів, а з огляду на те, що ці проєкти окупні, є змога залучити кредитні кошти в т. ч. міжнародних фінансових установ (МФО).

З огляду на ефективність вкладень коштів – найбільш перспективним виглядають багатоквартирні житлові будівлі. Близько 43% українських домогосподарств підключено до мереж централізованого тепlopостачання. При цьому не більше 5% цього сектору охоплені системами регулювання опалення, через що мешканці не мають можливості контролювати рівень енергоспоживання, а це, в свою чергу, призводить до перевитрат як мінімум в межах 10%. Окрім того значні втрати енергії пов'язані з надлишковою потужністю, недостатнім обслуговуванням, витокami та тепловтратами в трубопроводах тощо.

Наразі багатоквартирні житлові будинки відповідають за значну долю в енергобалансі країни і мають один з найбільших потенціалів по зниженню енерговитрат. Цей сектор має значні витрати енергії на потреби опалення та гарячого водopостачання, що наразі становлять близько 160-200 кВт-год/кв.м за сучасних нормативів на рівні 70-90 кВт-год/кв.м та можуть бути знижені для будівель NZEB до показників нижче 50 кВт-год/кв.м



Зважаючи на існуючі потреби в енергії для будівель в умовах клімату України – найбільший потенціал використання відновлювальних джерел є саме в системах опалення, причому в зимовий період. А для таких умов практично єдиним джерелом відновлювальної енергії є біомаса та біогаз, що можуть бути використані лише в умовах централізованих систем тепlopостачання. Тому енергоефективність будівель повинна розглядатися в комплексі з джерелами теплової енергії.

В будинках, підключених до централізованого теплозабезпечення, практично відсутні системи регулювання теплоспоживання на рівні будівель. Водночас в результаті хаотичного переходу окремих квартир на індивідуальне опалення внутрішньобудинкові системи можуть бути розбалансованими. Це призводить до суттєвих перевитрат енергоресурсів навіть в порівнянні з немодернізованими будівлями, але з наявними системами регулювання та ефективною та якісною експлуатацією.



Основним паливом для об'єктів генерації є природний газ, при цьому через дотаційну вартість на газ, впровадження альтернативних видів палива (насамперед мова йде про котли та когенераційні установки на трісці та пелетах) практично відсутнє через економічну недоцільність. В системі тепlopостачання використовується порівняно небагато когенераційних установок. Переважно це теплоелектроцентралі в великих містах, таких як Київ та Харків. В свою чергу, відсутність власної генерації на об'єктах тепlopостачання спричинило необхідність встановлення додаткових дизель-генераторів для живлення котельень.

Централізоване гаряче водопостачання відсутнє в більшості міст, що спричинено неможливістю конкурувати з більш дешевою гарячою водою з електричних бойлерів через дотаційних тариф для населення. Хоча за умови ринкової вартості на електроенергію – централізоване гаряче водопостачання могло б бути суттєво дешевшим. А з огляду на вклад гарячого водопостачання в загальний показник споживання первинної енергії будівлею - використання прямого електропідігріву є однією з основних перепон щодо досягнення показників NZEB.



Дотаційні тарифи та мораторії на збільшення тарифів для населення призводять до вимивання оборотних коштів з тепlopостачальних підприємств, що є переважно комунальними. Водночас підприємства комунальної теплоенергетики не зацікавлені в економії на стороні споживача, хоча мають найбільшу інституційну спроможність для впровадження таких заходів. З огляду на те, що більшість тепlopостачальних підприємств належать до комунальної власності, існує можливість отримувати порівняно недорогі кредити від міжнародних фінансових установ під міські гарантії.

З огляду на енергетичний баланс країни та його розподіл по місяцям – саме централізоване тепlopостачання є елементом, що дозволить значною мірою інтегрувати альтернативні джерела енергії в секторі будівель. Серед основних напрямів слід відзначити: використання біопаливних котельень та когенераційних установок, використання теплонакопичувачів для акумулювання надлишків зеленої генерації на потреби гарячого водопостачання, а також для вирівнювання графіків електроспоживання (для мінімізації використання вугільних електростанцій в якості маневрових). Особлива роль в підвищенні ефективності енерговикористання можуть відіграти постачальники теплової енергії за умови впровадження механізмів, що мотивуватимуть їх зменшувати використання енергії на стороні споживачів (як приклад, на умовах енергосервісних контрактів). І, звичайно, підвищення ефективності генерації та розподілу шляхом заміни або теплоізоляції теплових мереж, а також модернізації котельень.

За даними Держстату, станом на 1 квітня 2024 року у житлових багатоквартирних будинках існує 38853 ОСББ. Створення ОСББ є передумовою для реалізації проєктів з підвищення енергоефективності зокрема на умовах співфінансування. Для будинків, де ОСББ відсутнє, ефективна реалізація проєктів з енергоефективності значно ускладнена з огляду на відсутність можливості акумулювання коштів та забезпечення ефективного управління встановленим обладнанням.

Загальний потенціал зниження енергоспоживання багатоквартирними будівлями оцінюється в 10-20% за рахунок впровадження порівняно дешевих заходів зі строком окупності близько 3 років та в 50-60% за умови впровадження комплексних проєктів термореновації.

## 1.1 Аналіз основних характеристик типових будівель, таких як:

- Термічний опір зовнішніх стін;
- Термічний опір світлопрозорих конструкцій;
- Термічний опір дверей;
- Термічний опір даху;
- Термічний опір перекриття, що межують із зовнішнім повітрям, та над неопалювальним підвалом;
- Характеристики інженерних систем;
- Питоме енергоспоживання будівель;

Використання відновлювальних джерел. Наразі стандарти, що існують в Україні щодо енергоефективності нових будівель і будівель, що реконструюються в частині вимог до огорожувальних конструкцій та інженерних систем загалом відповідають рівню стандартів ЄС.

Якщо говорити про стратегічні документи в секторі енергоефективності будівель, то наразі вони наявні. Зокрема, прийнята Довгострокова стратегія термомодернізації будівель на період до 2050 року, національні стандарти та закони:

- Закон України "Про енергетичну ефективність";
- Закон України "Про енергетичну ефективність будівель";
- Довгострокова стратегія термомодернізації будівель на період до 2050 року;
- ДБН «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель»;
- ДБН «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Основними прогалинами в секторі енергоефективності будівель з огляду на нормативні документи залишаються насамперед питання забезпечення ефективного обслуговування будівель та мотивації щодо ощадного енерговикористання в першу чергу в житловому секторі.

Діючі стандарти достатньо ефективні та не потребують змін по мінімальним показникам по огорожувальним конструкціям.

Таблиця 3 - Мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі огорожувальної конструкції житлових та громадських будівель  $R_{qmin}$  відповідно до ДБН «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель»

Ч.ч.	Вид огорожувальної конструкції	Значення $R_{qmin}$ , м <sup>2</sup> ·К/Вт, для температурної зони	
		I	II
1	Зовнішні стінові огорожувальні конструкції	4,00	3,50
2	Суміщені покриття, що межують із зовнішнім повітрям	7,00	6,00
3	Покриття опалювальних горищ (технічних поверхів), мансард, горищні перекриття неопалювальних горищ	6,00	5,50
4	Перекриття, що межують із зовнішнім повітрям, та над неопалювальними підвалами	5,00	4,00
5	Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,90	0,70
6	Зенітні ліхтарі	0,80	0,70
7	Зовнішні двері	0,70	0,60

**Таблиця 4. Граничне значення питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні житлових та громадських будівель**

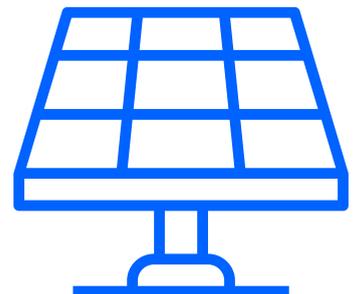
№ з/п	Вид будівлі (еталонні будівлі)	Граничне значення питомого енергоспоживання будівель при опаленні та охолодженні, E <sub>Pr</sub> , кВт*год/м <sup>2</sup> , для температурної зони України	
		I	II
1	Будівлі житлові (поверховість):		
	від 1 до 3	120	110
	від 4 до 9	85	75
	від 10 до 16	75	70
	17 і більше	70	65

Якщо говорити про відповідність показників енергоспоживання то опір теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій багатократних житлових будинків в 3-4 рази нижчий за сучасні нормативи. При цьому різниця між фактичними та нормованими показниками енергоспоживання складає лише 1,5-2 рази.

Це пов'язано в першу чергу з тим, що інженерні системи здебільшого зношені, а теплоізоляція трубопроводів низької якості або відсутня. Для новобудов та об'єктів після реновації часто спостерігається ситуація, коли показники питомого енергоспоживання суттєво вищі, що пов'язано з відсутністю кваліфікованого персоналу, стимулів до ощадного енерговикористання та інформованості власників щодо наявного потенціалу. Це призводить до того, що саме найкраще обладнання стає не ефективним і виходить з ладу.

Серед основних прогалин, що наразі є в нормативній документації, необхідно відзначити питання щодо використання відновлювальних джерел енергії в багатоквартирних будівлях на власні потреби, зокрема щодо взаєморозрахунків за спожиту зелену енергію від сонячних батарей, сонячних колекторів та теплових насосів. При цьому ці прогалини лежать не в технічній, а в організаційній сфері, наприклад, відсутній простий та ефективний механізм використання електроенергії, згенерованої даховими сонячними електротсанціями, на потреби окремих квартир.

Виходячи з цього, покращення існуючих стандартів має бути направлено в першу чергу не на підвищення вимог до конструкцій чи інженерних система, а на уточнення показників питомого енергоспоживання та контроль не за розрахунковими, а за фактичними показниками енергоефективності будівель з широким впровадженням автоматизованих систем моніторингу.



## 2.ДЕТАЛЬНИЙ ОПИС ПОКРАЩЕНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ. ПЕРЕВАГИ І НЕДОЛІКИ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ

В цьому розділі розглянемо напрямки енергоефективних заходів. Одним із пріоритетних і найбільш доцільним є:

- **Встановлення загальнобудинкових погодних регуляторів на вводі будинку (індивідуальний тепловий пункт).** Більшість будинків обладнано елеваторними вузлами без можливості погодного регулювання, тому рекомендовано встановлення індивідуальних теплових пунктів на вводі будинків, а також рекомендовано додаткове встановлення системи енергомоніторингу для належного і постійного контролю за використанням енергоресурсів. Дана система дозволяє зекономити від 5 – 15 % від загального споживання енергоресурсів.

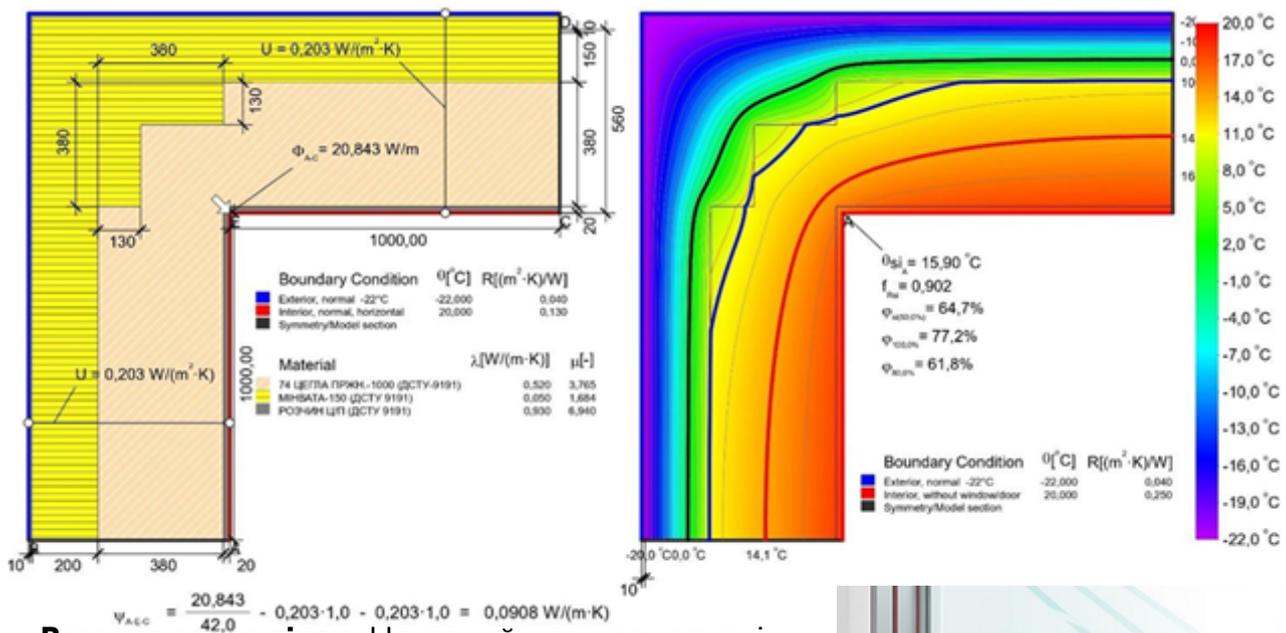
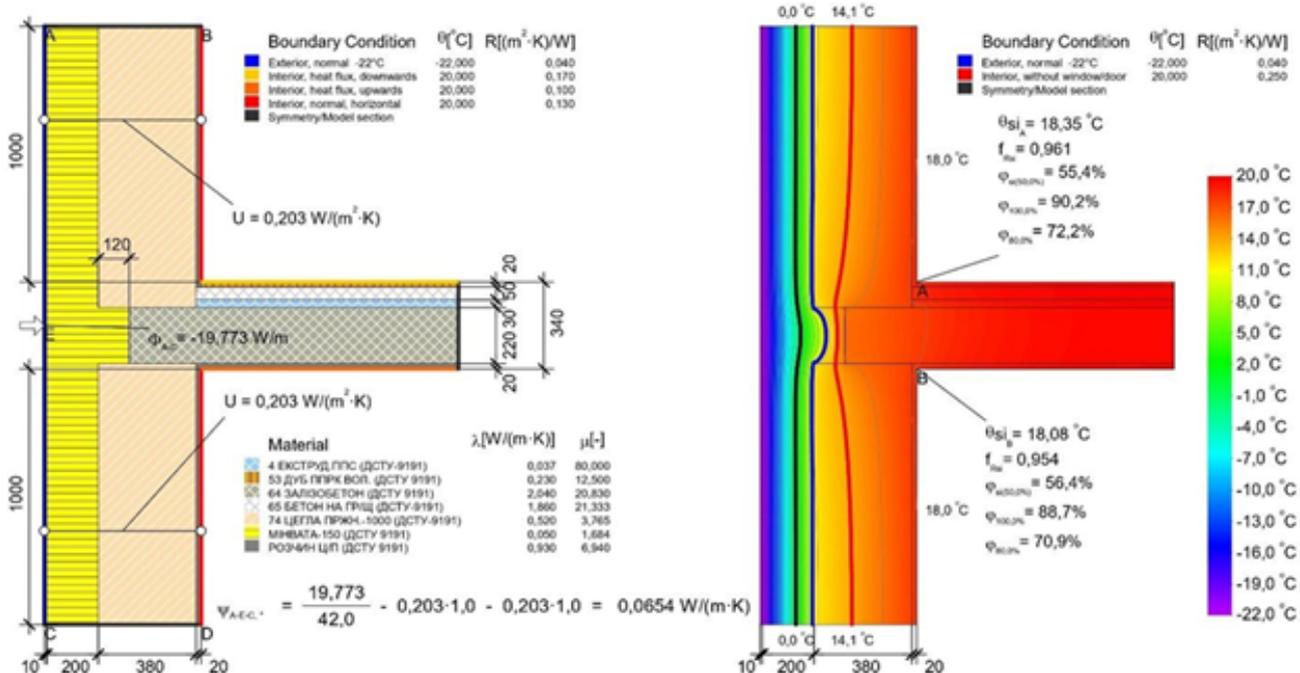




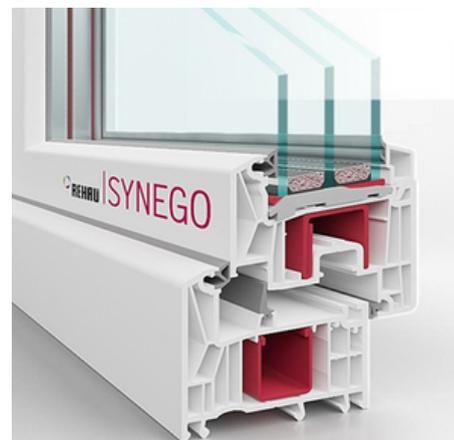
- **Встановлення терморегуляторів.** В деяких будинках наявні терморегулятори на батареях, в більшості випадках це прямої дії терморегулятори. В даний час на ринку є досить велика кількість електронних терморегуляторів, котрі можна налаштувати під потреби приміщення. У випадку багатоквартирного житлового будинку, терморегулятори мають економічну доцільність при наявності теплового лічильника на квартиру, коли розрахунок за спожите тепло відбувається саме по квартирному лічильнику, а не по опалювальній площі квартири.

- **Утеплення стін.** На даний час нормативні значення термічного опору стін на рівні з європейськими країнами, враховуючи те, що в українській нормативній документації, ще додатково враховуються лінійний та точкові теплопровідні включення. По даному заходу необхідно звернути більшу увагу саме на вузли примикання огорожувальних конструкцій між собою, так як за часту виконавці даних робіт недостатньо звертають увагу на ці вузли, що в майбутньому призводить до теплових втрат в місцях примикань огорожувальних конструкцій.

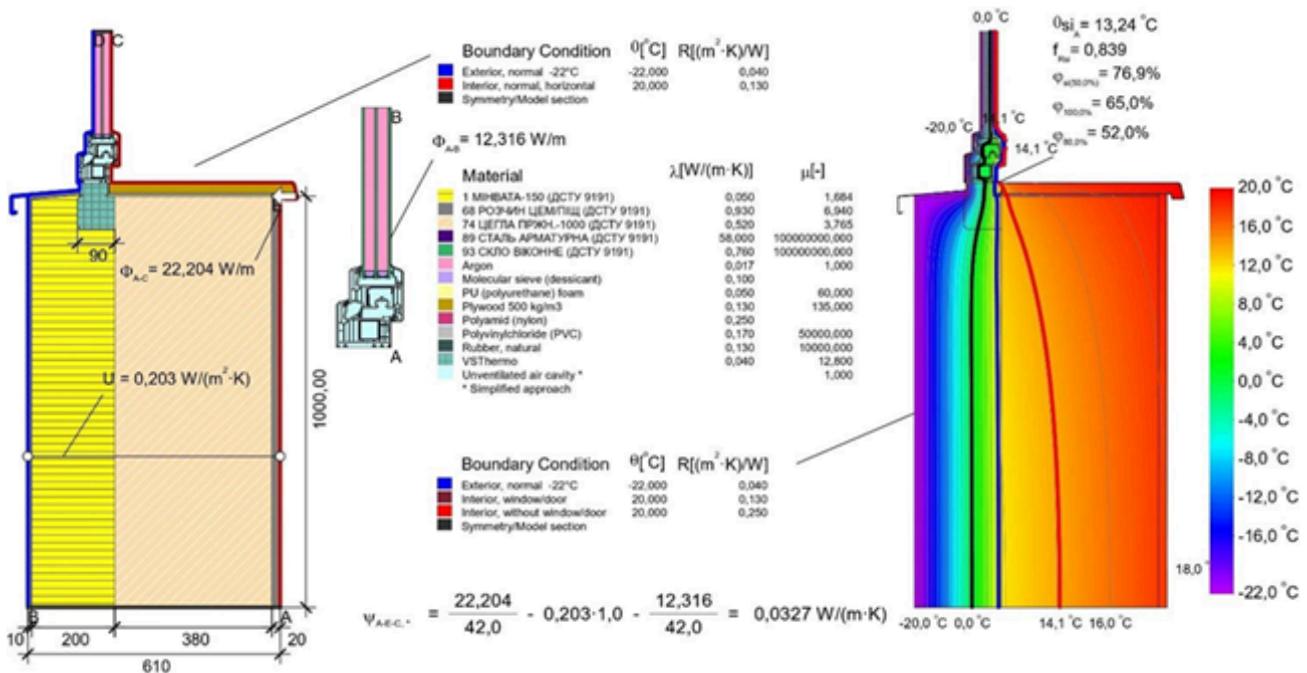




- **Встановлення вікон.** На даний час нормативні значення термічного опору стін на рівні з європейськими країнами. По даному заходу необхідно звернути увагу саме на вузли примикання з стіною, а саме встановлення вікон шляхом виносного монтажу. Даний варіант монтажу є дорожчим на 10 – 15 %, але майже нівелює теплові втрати в місцях примикань віконної рами до стіни.



Приклад виносного монтажу



- **Система охолодження.** Рекомендовано використати чілер, що може працювати як на охолодження, так і на опалення. При цьому здорожчання складатиме близько 20% в порівнянні з варіантом «лише охолодження», а ефективність комплексного рішення суттєво підвищується, через щовідпадає необхідність в окремому агрегаті для роботи з системою опалення. Як мінімум необхідно передбачити систему утилізації теплової енергії, що дозволить покрити більшу частину потреби в гарячій воді в період роботи системи охолодження. Додатково необхідно передбачити можливість роботи системи в режимі «фрікулінгу», що дозволить охолоджувати приміщення в нічні години та мінімізувати витрати на кондиціонування.



- **Система вентиляції.** Рекомендовано використовувати централізовані/децентралізовані системи вентиляції для загальнообмінної вентиляції з рекуперацією та догрівом від теплових насосів або централізованого тепlopостачання або ж догрів/доохолодження за рахунок каналних внутрішніх блоків VRV системи.

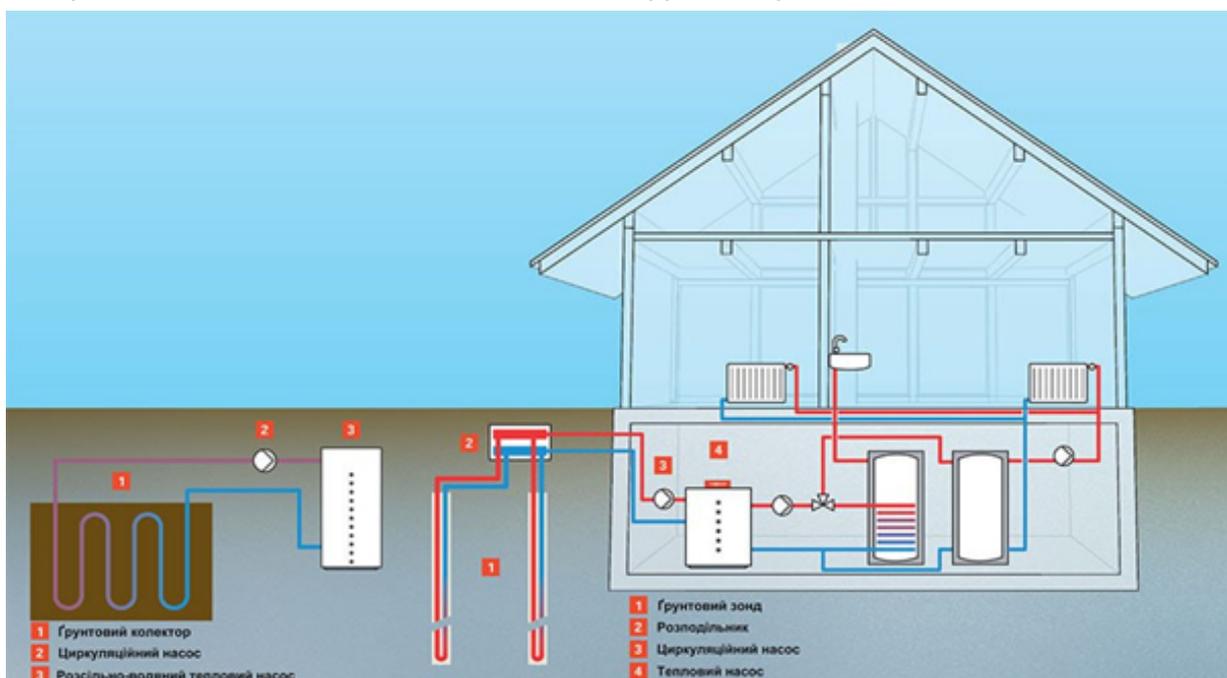


• **Встановлення сонячних панелей.**

Встановлення сонячних панелей на загальні потреби будівлі для забезпечення надійності електропостачання, оскільки зменшується залежність від традиційних джерел енергії, але лише за умови використання гібридних інверторів. Також систему необхідно забезпечити засобами накопичення енергії для акумулювання (електричним та тепловими – на потреби гарячого водопостачання).



- **Встановлення теплових насосів.** Цей захід з підвищення енергоефективності передбачає встановлення теплового насосу та підключення його до системи подачі гарячої води або системи опалення в будівлі. аож бажано щоб тепловий насос працював і на охолодження. Проект повинен включати встановлення з'єднувальних трубопроводів разом з ізоляцією, а також усього іншого необхідного обладнання, такого як розширювальний бак, термостатичні та змішувальні клапани тощо для належного функціонування системи.



### 3. ПОРІВНЯННЯ ВАРТОСТІ НОВОГО БУДІВНИЦТВА/ РЕКОНСТРУКЦІЇ ВІДПОВІДНО ДО ДІЮЧИХ ТА ПІДВИЩЕНИХ СТАНДАРТІВ З ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

Даний аналіз проведемо на прикладі існуючої школи, в розрахунок бралися наступні тарифи:

- опалення, 3440 грн/Гкал;
- електроенергія, 6,75 грн/кВт\*год.

#### 3.1 Економічний ефект від підвищення опору огорожувальних конструкцій до досягнення показників NZEB

##### 3.1.1 Стіни

Назва	Термічний опір м <sup>2</sup> *К/Вт	Ціна за 1 м <sup>2</sup>	Економія кВт-год/рік на м <sup>2</sup> стіни	Економія грн/рік	Окупність*, роки
Цегла порожниста 380мм, мінеральна вата 150 густина, 150 мм	2,79	2600,00	54,36	163,08	8,1
Цегла порожниста 380мм, мінеральна вата 150 густина, 180 мм	3,12	2860,00	56,40	169,2	8,6
Цегла порожниста 380мм, мінеральна вата 150 густина, 200 мм	3,32	3146,00	57,42	172,26	9,3
Цегла порожниста 380мм, мінеральна вата 150 густина, 250 мм	3,79	3460,00	59,45	178,35	9,9
Цегла порожниста 380мм, мінеральна вата 150 густина, 250 мм (оптимізовані вузли)	4,08	3650,00	60,19	180,57	10,8

##### • Окупність утеплення в залежності від товщини утеплювача

За рахунок оптимізації вузлів огорожувальних конструкцій, вплив “містків холоду” знижено більше ніж в 3 рази. Термічний опір після оптимізації вузлів складає 4,08 м<sup>2</sup>\*К/Вт для несвітлопрозорих конструкцій та 1,1 м<sup>2</sup>\*К/Вт - для світлопрозорих

### 3.1.2 Світлопрозорі огорожувальні конструкції

Термічний опір м <sup>2</sup> ·К/Вт	Ціна за 1 м <sup>2</sup>	Економія кВт- год/рік на м <sup>2</sup>	Економія, Грн	Окупність, роки
0,8	4450,8	140	420	10,6
0,9	5379,6	197	591	9,1
1,0	5800	228	684	8,5
1,1	6300	285	855	7,4

**Таблиця 5. Порівняльні характеристики огорожувальних конструкцій**

U-фактор, [Вт/м <sup>2</sup> ·К]	Австрія	Німеччина	Польща	Швеція	Данія	Україна
зовнішні стіни/стіни, суміщені із неопалюваними об'ємами	0,35	0,28	0,20	U <sub>m</sub> (average heat transfer coefficient)  1-сім >50м <sup>2</sup> 0,30	0,30/0,40	0,25/0,28
стіни, суміщені із непромерзаючими кімнатами, як гараж	0,60			1-сім <50м <sup>2</sup> 0,33  баг/ кварт 0,40		
підлога по ґрунту або над підвалом	0,40	0,35	0,25	не житл. 0,33	0,20	0,2/0,25

переkritтя між будівельними блоками (квартирами)	1,30			$U_m$ (average heat transfer coefficient)  1-сім >50м2 0,30  1-сім <50м2 0,33  баг/кварт 0,40  не житл. 0,33	енергобала нс: < -17 kWh/m2.a			
стіни між сусідніми будівлями	0,50							
вікна і зовнішні скляні двері в житлових будівлях	1,40	1,30	0,90				1,11/1,42	
вікна мансардні/світлові ліхтарі, мансардні куполи			1,10				1,40	1,25/1,42
зовнішні двері	1,70	1,80					1,40	1,42/1,66
суміщені переkritтя/покрівля	0,20	0,20	0,15				0,20	0,14/0,16
підлога над гаражем/парковкою	0,30	0,28	0,15					
внутрішні стіни			1,00					

## 3.2 Економічний ефект від використання відновлювальних джерел енергопостачання

### 3.2.1 Сонячна енергія

Встановлення сонячних електростанцій на дахах будівель є одним із найрозповсюдженіших варіантів використання сонячної енергії і дозволяє використовувати ті площі, які не мають іншого корисного призначення.

Технічно досяжний потенціал на прикладі дитячого закладу:

#### Вихідні дані для вибору основних параметрів обладнання СЕС

- річний обсяг споживання електричної енергії – 62 065 кВт-год;
- середньомісячне споживання електричної енергії – 5 172 кВт-год;
- Тариф на електроенергію: 6,75 грн./кВт-год.

З огляду на те, що комерційний облік здійснюється в будівлях, під час вибору точок приєднання та одиничної потужності потрібно провести додаткове вимірювання графіків навантаження в розрізі точок обліку.

#### Вибір обладнання

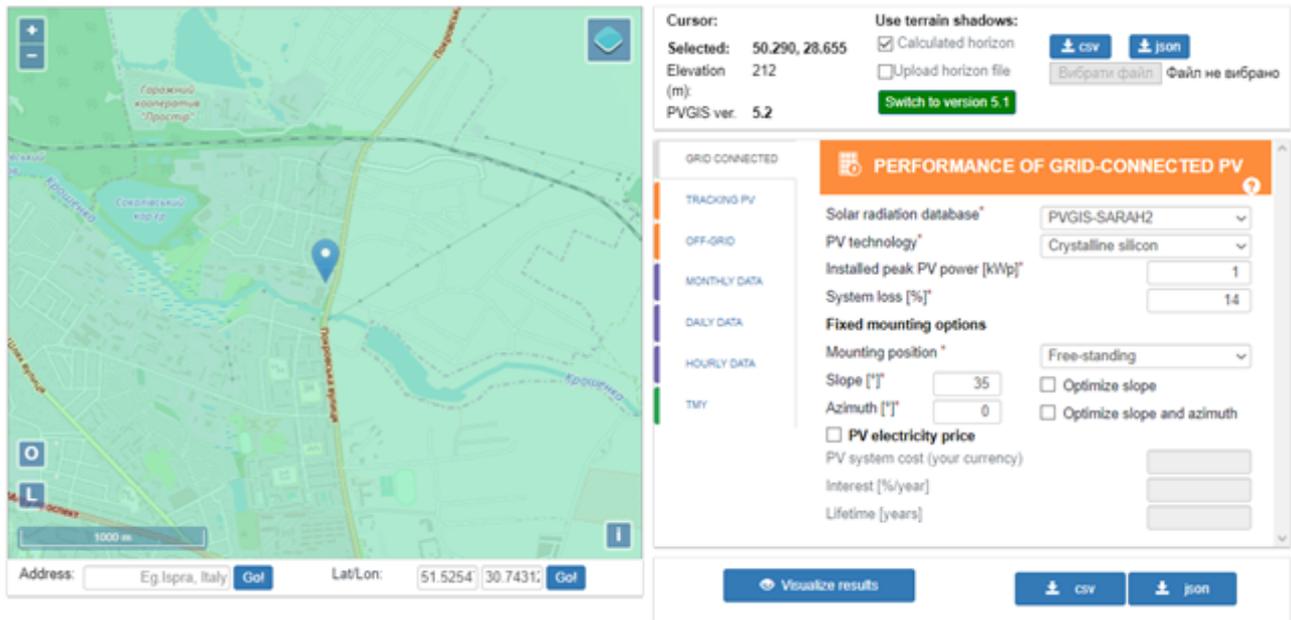
Для попереднього оцінювання прийнятий наступний набір основного обладнання:

- підібрано СЕС потужністю 27 кВт.;
- орієнтація панелей на південь.

**Таблиця 6. Вартість гібридної сонячної електростанції в гібридному виконанні**

№	Позиція	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
1	Інвертор гібридний, 10 кВт	3	134 000	402 000
2	Фотомодулі*, 600 Вт	45	9 000	405 000
3	Акумуляторна батарея, 5 кВт-год	2	120 000	240 000
4	Монтаж, кріплення та додаткові матеріали	1	314 100	314 100
<b>Загалом</b>				1 361 100
<b>Тариф на електроенергію, грн</b>				6,76
<b>Річне зниження споживання електроенергії, кВт-год</b>				30 818
<b>Річне зниження затрат на електроенергію, грн</b>				208 265
<b>Окупність, роки</b>				6,53

Для розрахунку сонячної генерації використовувався програмний комплекс JRC Photovoltaic geographical information system.



### Оцінка економічної ефективності роботи ФЕС

Загальний обсяг електричної енергії для компенсації власного споживання, що вироблятиметься фотоелектричною генеруючою системою потужністю 27 кВт, встановленою у точці розподілу з енергосистемою у середньому за рік становитиме близько 30 818 кВт\*год.

Загальна вартість річного обсягу електричної енергії, що споживається, протягом року буде заміщена електричною енергією від власної фотоелектричної генеруючої установки, при ціні 6,75 грн/кВт\*год складатиме близько 208 265 грн. При зростанні ціни на електричну енергію відповідно зростатиме і обсяг зекономлених коштів.

### 3.2.2 Геотермальна енергія

**Таблиця 7. Технічно досяжний потенціал**

Технічно досяжний потенціал, тис. кВт·год:	195 760
Встановлена теплова потужність, тис кВт:	44
Потенційна економія газу, млн. м <sup>3</sup>	18,56
Потенційні витрати електричної енергії, тис. кВт·год	52 203

Технічно досяжний потенціал отримання теплової енергії з використанням геотермальних теплових насосів.

Варто зазначити, що технічно досяжний потенціал – величина, що залежить від потенційної глибини скважин, місця їх розміщення і використання технологій, що дозволяють влітку використовувати теплові насоси для охолодження (кондиціонування), що потребує додаткових заходів з реконструкції будівель. Основним обмежуючим фактором є необхідна електрична потужність і зимове споживання електроенергії.

Щодо економічної доцільності проєктів з встановлення геотермальних теплових насосів з урахуванням наявності значних біопаливних ресурсів з одної сторони і високої вартості геотермальних теплових насосів з іншої – у порівнянні з твердопаливною ТЕЦ/котельнею, проєкти з установки геотермальних теплових насосів є менш окупними.

З іншої сторони, за сприятливих умов, таких як:

- низька % ставка;
- зниження вартості теплових насосів внаслідок технологічного розвитку і ринку впровадження ґрунтових теплових насосів в Україні;
- збільшення долі відновлюваної електрогенерації.

Ґрунтові теплові насоси можуть бути окупні, і використовуватися в будівлях, де підведення централізованого теплопостачання є неможливим/недоцільним, а використання аеротермальних теплових насосів – неприйнятним з міркувань шумового забруднення.

### 3.2.3 Аеротермальна енергія

Аналогічно геотермальним тепловим насосам, аеротермальні теплові насоси типу "повітря-вода", з технічної точки зору можуть виконати задачу щодо забезпечення тепловою енергією будь-якої будівлі. Існують сучасні рішення, що дозволяють тепловим насосам ефективно працювати при низьких температурах, проте з економічної точки зору, доцільніше використовувати їх при температурах навколишнього повітря до -5 градусів, а на нижчі температури – використовувати резервне джерело. Даний підхід обумовлений не тільки зниженням ефективності роботи теплових насосів при низьких температурах зовнішнього повітря, але й високою вартістю одиниці встановленої потужності теплових насосів, що робить більш доцільним вибір їх потужності таким чином, щоб коефіцієнт використання встановленої потужності був оптимальним.

#### **Економічно досяжний потенціал:**

Хоча сучасні аеротермальні теплові насоси здатні ефективно забезпечувати потреби в тепловій енергії для опалення і гарячого водопостачання, однак через високу вартість одиниці встановленої потужності, пріоритетним джерелом теплопостачання для будівель буде централізоване теплопостачання від біопаливної ТЕЦ/котельні, а для приватних будинків, де відсутнє централізоване теплопостачання - твердопаливні котли.

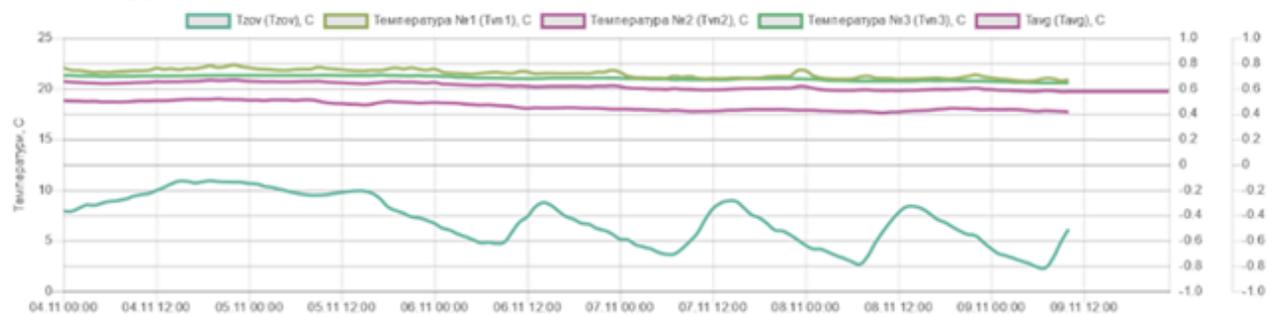
Можна припустити, що частина власників приватних будинків, по ряду організаційних чи особистих причин з часом віддадуть перевагу тепловим насосам, а не твердопаливним котлам.

## 3.3 Економічний ефект від удосконалення технологічних рішень

### 3.3.1 Встановлення ІТП з системою енергомоніторингу

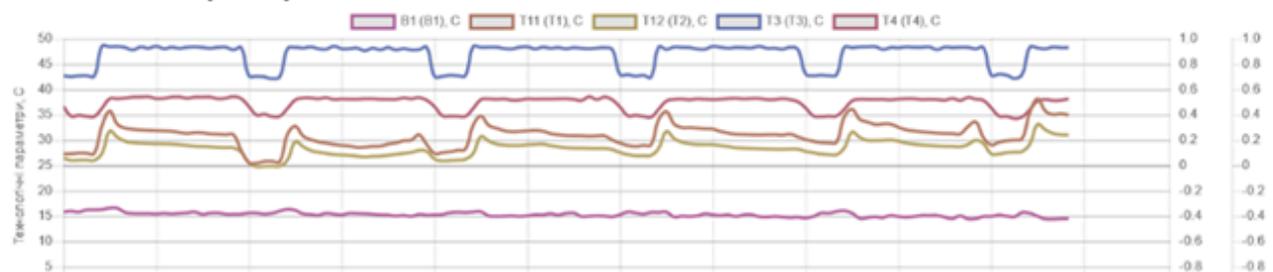
Додаткове встановлення системи енергомоніторингу дозволяє зекономити додаткові 10 – 15 % від загального споживання будинку. Система енергомоніторингу – це інструмент для якісного і постійного контролю, завдяки якому можна досягти більшої економії чим за рахунок впровадження типових рішень.

#### Температури



Показати таблицю: Температури

#### Технологічні параметри



**Рисунок 2 . Приклад налаштованої системи керування параметрами мікроклімату за допомогою системи енергомоніторингу**

Ознака добре налаштованої системи автоматики – відсутність коливань температури всередині будівлі за значних коливань зовнішньої температури (верхній графік).

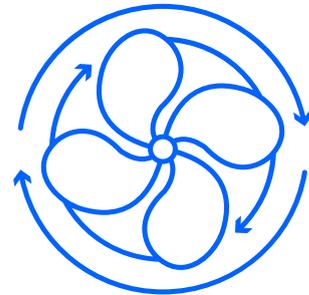
Наявність системи дистанційного моніторингу (рекомендовано включати в комплектацію для модернізації будівель та будівництва нових) – дозволяє відстежувати як відпрацьовує обладнання і вчасно бачити та усувати збої та випадки нераціонального енергоспоживання..

### 3.3.2 Система охолодження

Рекомендовано використати чілер, що може працювати як на охолодження, так і на опалення. При цьому здорожчання складатиме близько 20% в порівнянні з варіантом «лише охолодження», а ефективність комплексного рішення суттєво підвищується і відпадає необхідність в окремому агрегаті для роботи з системою опалення. Цільовим призначенням чілера є охолодження рідких речовин, повітря в системі чілер-фанкойл, а також забезпечення холодом інших теплообмінних процесів. При цьому скидне тепло може бути ефективно використано для інших потреб будівлі таких як гаряче водопостачання.

### 3.3.3 Система вентиляції

Для зниження витрат на прокачування повітря та на його підготовку (підігрів, охолодження) необхідно забезпечити контроль рівня вуглекислого газу в основних приміщеннях. Оптимальним значенням концентрації має бути 700-800 ppm. В разі зменшення цього показника – необхідно зменшити продуктивність вентиляційної установки, що обслуговує це приміщення. В разі збільшення – перевірити налаштування та витрату, а також перепад тиску на фільтрувальних елементах та необхідність їх очищення.



В періоди охолодження рекомендовано включати вентустановки в ранішній (близько до сходу сонця) період для забезпечення попереднього охолодження приміщень зовнішнім повітрям без включення холодильної машини. Це дозволить відтермінувати включення холодильних машин та знизити споживання електроенергії.

## 4. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЗНИЖЕННЯ СОБІВАРТОСТІ БУДІВНИЦТВА ЗА СТАНДАРТАМИ NZEB

### 4.1 Напрацювання типових вузлів і рішень

На сьогоднішній день відправним документом, який рекомендує вузлові рішення огороджуваних конструкцій будівлі, прорахований за параметрами тепловтрат в зонах теплопровідних включень, є ДСТУ 9191, Додаток Г.

Варто зазначити, що:

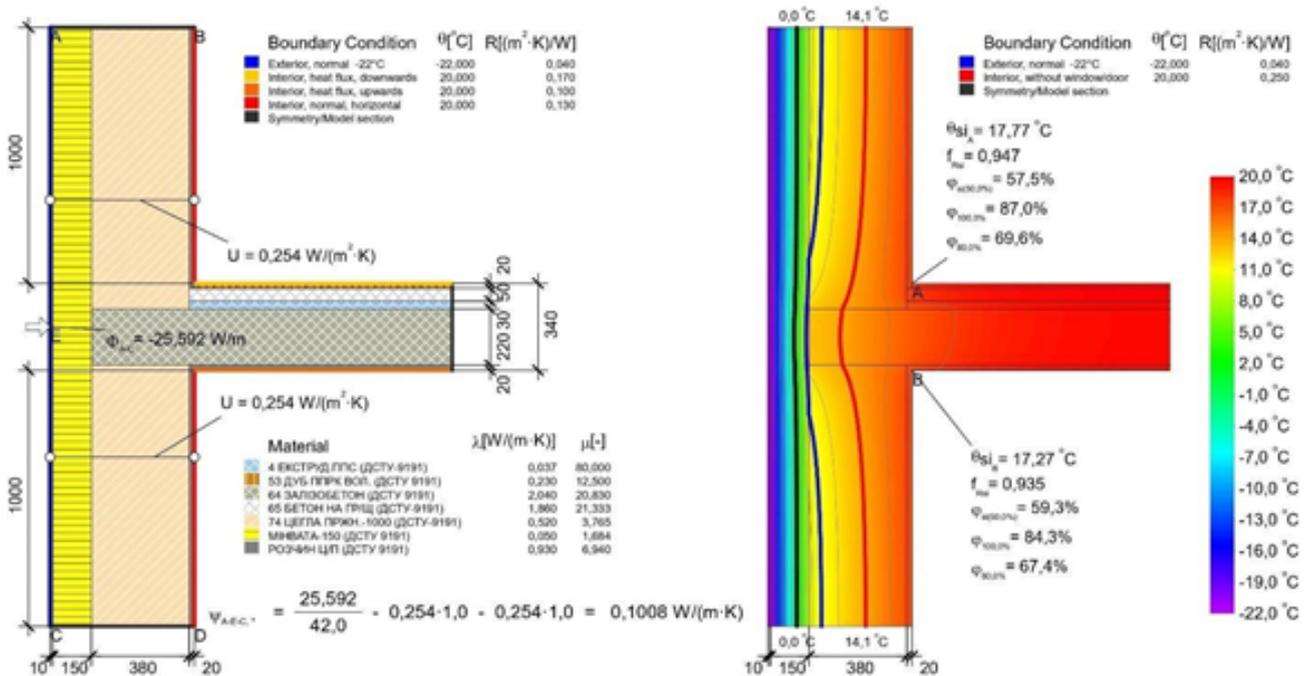
- ДСТУ 9191 охоплює далеко не всі вузлові рішення, які зустрічаються в оболонці будівель;
- крім того, наведені в цьому документі випадки практично не мають можливості бути використані в оболонці nZEB;

Це призводить до необхідності вдаватися до симуляції 2- / 3- вимірних теплових полів для розрахунків параметрів саме тих вузлових рішень, які присутні в огороджувачій конструкції конкретної будівлі (відповідно до правил та граничних умов, заявлених в ДБН-31, ДСТУ 9191, ДСТУ ISO EN 10211-1/-2, ДСТУ ISO EN 10077-1/-2). Що рідко робиться проєктантами і відповідно не є поширеною практикою серед будівельників. Тому напрацювання стандартизованих рішень і “кращих практик” є однією з умов широкого їх розповсюдження, в тому числі включення в програми навчання для будівельних спеціальностей.

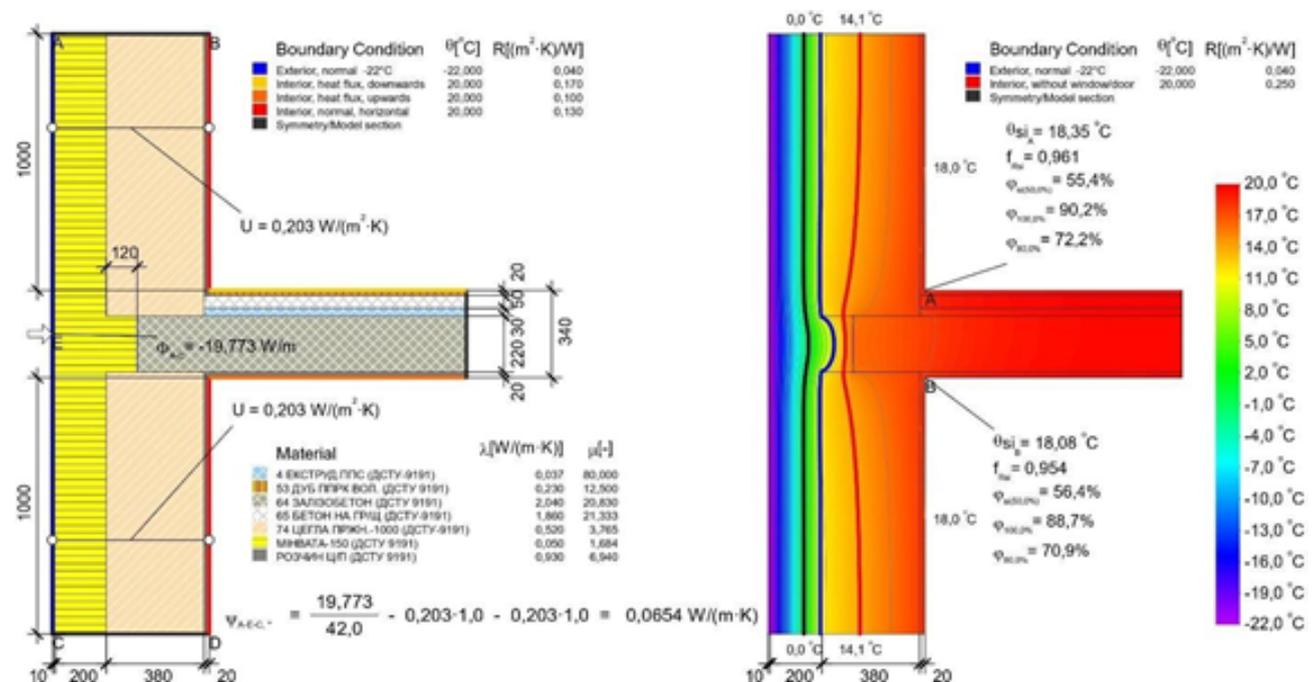
Нижче наведені приклади існуючих та рекомендованих вузлових рішень.

## 4.1.1 ДСТУ 9191. Додаток Г.1, Вузол №1. Вузол примикання зовнішніх стін до міжповерхового перекриття

### Аналіз поточного стану



### Оптимізація вузла для оболонки НСЕБ

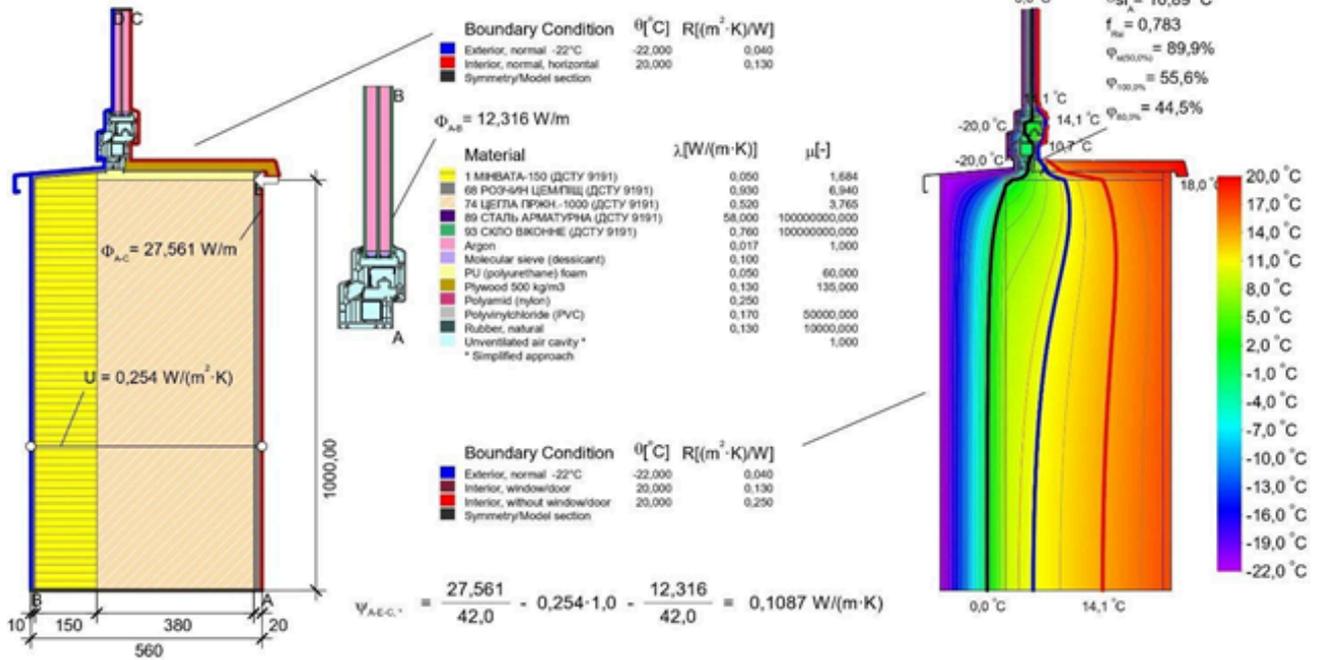


### Висновок

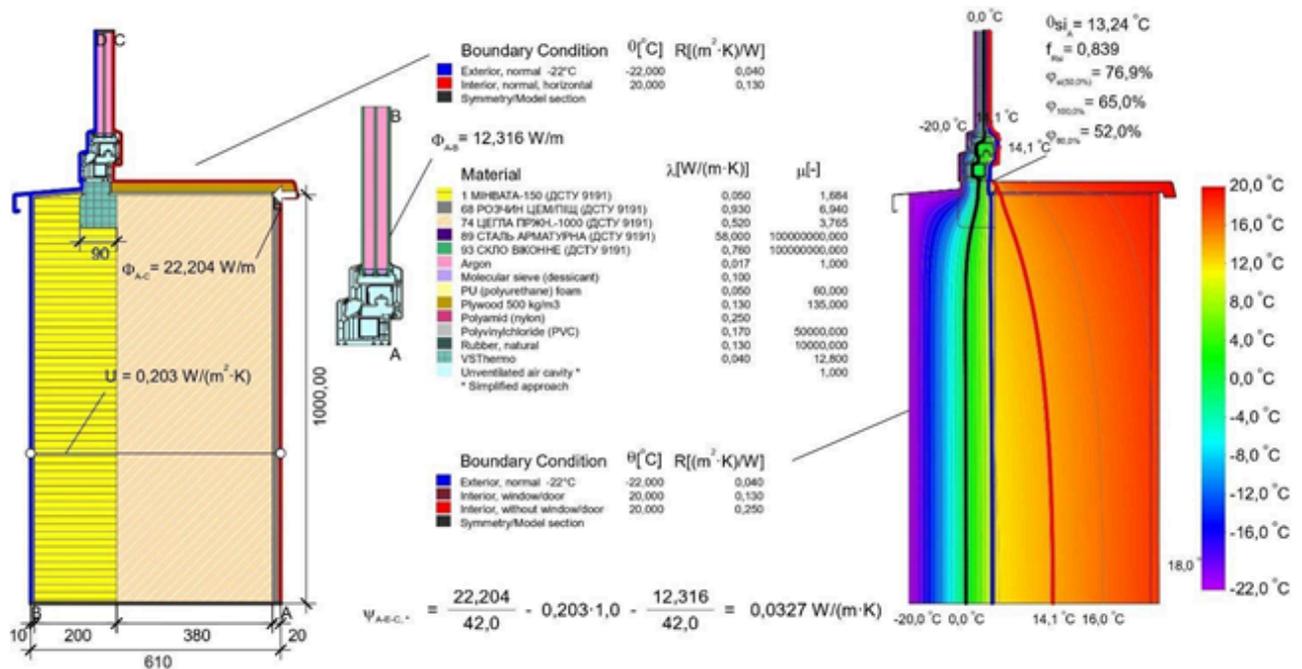
ПСІ-фактор змінено нижче показника U-фактору однорідного поля НОК. Температури в зоні теплопровідних включень вище температур конденсації та зон утворення колоній грибків.

## 4.1.2 ДСТУ 9191. Додаток Г.1, Вузол №15. Вузол примикання СПК до зовнішніх стін в зоні підвіконня

### Аналіз поточного стану



### Оптимізація вузла для оболонки НСЕБ



**Таблиця 8. Порівняння вартості та енергетичних показників традиційного будівництва та будівництва за стандартами NZEB**

Тип будівлі	Площа, м <sup>2</sup>	Вартість будівництва	Нормативне питоме споживання, м <sup>2</sup> (м <sup>3</sup> )	Питоме споживання з урахуванням NZEB, м <sup>2</sup> (м <sup>3</sup> )	Додаткові фінансові витрати при застосуванні показників NZEB
Школа	6 500	100 000 000	(23)	(17)	16 000 000
Дитячий садок	3 000	40 000 000	(20)	(15)	5 400 000
Житловий будинок	12 500	275 000 000	55	40	25 000 000

### Висновок

Вплив ПСІ-фактору знижено в 3 рази. Температура в зоні теплопровідних включень поточного стану є граничними з температурою утворення конденсату і не задовольняє вимогам ДБН-31. Оптимізоване рішення має задовільні показники і є вищою за температури конденсації та зон утворення колоній грибків.

## 4.2 Навчання спеціалістів

З огляду на проведений попередній аналіз можна виділити основні напрямки, що повинні бути враховані під час навчання спеціалістів:

### А) Технічні рішення:

- 1) Забезпечення нормативних вимог по опору теплопередачі для огорожувальних конструкцій відбудованих будівель (відповідно до діючих нормативів);
- 2) Забезпечення будівель автоматичними системами регулювання опалення як для приватних будівель, так і для багатоквартирних;
- 3) Інтеграція відновлювальних джерел для використання на власні потреби, а саме:
  - сонячних батарей з системами накопичення, в тому числі на потреби гарячого водопостачання;
  - теплові насоси на потреби гарячого водопостачання та опалення;
  - підключення до централізованих джерел тепlopостачання на базі когенераційних установок та котлів на біомасі;
- 4) Впровадження в будівлях автоматизованих систем моніторингу енергоспоживання для спрощення і здешевлення обслуговування інженерних систем та демонстрації ефективності вибраних підходів.
- 5) Максимальне використання переваг централізованого теплозабезпечення (зокрема на базі відновлюваних джерел) та незастосування електроенергії з мережі на індивідуальні потреби опалення та гарячого водопостачання, що дозволить зменшити навантаження на енергосистему.

### **Б) Організаційні рішення:**

1) Забезпечення ефективного та якісного обслуговування інженерних систем з контролем показників ефективності енергоспоживання.

2) Проведення навчання представників задіяних сторін:

- проєктантів – з питань вибору оптимальних технічних рішень;
- будівельників – з питань якості виконання робіт та узгодження різних етапів для забезпечення планових показників енергоефективності;
- сервісні та управляючі компанії – з питань налаштування та ефективного обслуговування інженерних систем;
- власників-співвласників будинків – з питань можливостей по ефективному використанню енергоресурсів в їх помешканнях та контролю за ефективністю роботи сервісних компаній та будівельників;
- менеджерів проєкту – з питань планування заходів та контролю за їх виконанням з точки зору ефективного енерговикористання.

Виходячи з вище проведеного аналізу та розрахунків, за допомогою оптимізації основних типових вузлів та використання додаткової генерації вартість будівництва зросте орієнтовно на 15 % в залежності від типу будівлі, що дозволить в свою чергу зекономити до 25% від загального споживання об'єктів.

Основний показник, який впливає на питоме споживання енергії будівель – це інженерні мережі об'єктів, а саме генерація і управління тепла, вентиляції і холодопостачання. За умови використання більш енергоефективних систем, можна досягти значно меншого споживання енергії на м<sup>2</sup>.