

**Програма (план) пріоритетних заходів з енергоефективності в Університеті в  
рамках проекту**

**«Вища освіта. Енергоефективність та сталий розвиток»**

**ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ**

АСУБ	Автоматизована Система Управління Будівлею
ЦТ	Централізоване теплопостачання
ГВП	Гаряче водопостачання
ЕА	Енергетичні аудити
ЕАБ	Енергетичний аудит будівель
ЕЕ	Енергоефективність
Е5Р	Фонд Східноєвропейського партнерства з енергоефективності та довкілля
ЄІБ	Європейський інвестиційний банк
ІТП	Індивідуальна теплова підстанція
ПГ	Парниковий газ
ОВК	Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря
LED, світлодіод	Світловипромінюючий діод
МЕСВ	Механічні, електричні та слюсарно-водопровідні системи
МОН	Міністерство освіти і науки України
ППІ	Програма пріоритетних інвестицій
ПВХ	Полівініл хлорид
Грн	Українська гривня
ПВОУ	Проект «Вища освіта України»
ПДВ	Податок на додану вартість

## ЗМІСТ

1.	ВСТУП	3
2.	Будівлі, що брали участь в аналізі	3
3.	Опис існуючої ситуації та висновки	5
3.1.	Оболонки будівель	5
3.1.1.	Стіни будівель	5
3.1.2.	Вікна і двері	5
3.1.3.	Покриття	5
3.1.4.	Підвал	5
3.2.	Системи теплопостачання	5
3.3.	Системи вентиляції та кондиціонування	6
3.4.	Система освітлення	6
4.	Заходи з підвищення енергоефективності	6
4.1.	Організаційно-освітні заходи	11
4.2.	Заходи стосовно оболонки будівлі	11
4.2.1.	Зовнішні стіни	11
4.2.2.	Плоскі дахи/горищні поверхи	12
4.2.3.	Стелі підвальних приміщень	12
4.2.4.	Вікна і двері	12
4.3.	Заходи щодо системи опалення	12
4.3.1.	Встановлення _____ котлів для теплопостачання	..... <b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
4.3.2.	Ремонт/установка індивідуального теплового пункту	12
4.3.3.	Ремонт/заміна системи опалення з гідравлічним балансуванням	13
4.4.	Заходи з підготовки гарячої води	13
4.5.	Заходи щодо системи вентиляції	14
4.6.	Заходи щодо системи освітлення	14
4.7.	Система енергоменеджменту	14
4.8.	Автоматизована Система Управління Будівлею	15
5.	Споживання енергії	15
5.1.	Вимірюване (фактичне) споживання енергії	15
5.2.	Розрахункові характеристики (базове споживання) будівель, де проводився аудит	15
5.3.	Вимірне та базове споживання енергії	17
5.4.	Споживання енергії після впровадження запропонованих заходів з енергоефективності	17
6.	Оцінка інвестицій та заощаджень	20
7.	Економічний та фінансовий аналіз	26
8.	Оцінка скорочення викидів ПГ	27
9.	Зведена інформація про субпроект	..... <b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
10.	Додаток - Список використаних припущень	..... <b>Ошибка! Закладка не определена.</b>

## 1. ВСТУП

Європейський інвестиційний банк (ЄІБ) надає фінансування у відповідності до Фінансової угоди на 120 мільйонів євро, укладеної з урядом України (який представляє Міністерство фінансів) для реалізації проекту «Вища освіта України». Кредит доповнено грантом від Фонду Е5Р в розмірі 10 мільйонів євро. Основну відповідальність за координацію реалізації проекту ВОУ несе Міністерство освіти і науки.

Проект ВОУ складається з двох етапів: Етап I включає попередньо відібрані університети, які перелічено в кредитній угоді, Етап II – університети, визначені за допомогою конкурсного відбору.

Завдання проекту ВОУ – знизити поточні витрати державних вищих навчальних закладів та покращити якість приміщень для викладання, навчання, наукових досліджень та проживання студентів.

Кінцеві бенефіціари-університети повинні будуть реалізувати суб-проекти з метою зменшення споживання енергії та експлуатаційних витрат шляхом впровадження заходів з енергоефективності та заходів, не пов'язаних з енергоефективністю.

Чернігівський національний технічний університет є одним із шести університетів (або субпроектів), що фінансуються за рахунок позики ЄІБ. Енергетичний аудит<sup>1</sup> будівель (ЕАБ) було проведено у листопаді 2017 року компанією іС consulenten Ziviltechniker GesmbH (Австрія). ЕАБ дозволили визначити програму (план) пріоритетних інвестицій для впровадження заходів з енергоефективності в Університеті. Джерелом інформації для підготовки цього опису субпроектів також слугують ЕАБ та підсумкові аудиторські звіти<sup>2</sup>, які містять, зокрема, інформацію про умови будівлі, опис заходів, енергоспоживання, економії енергії та інших параметрів.

Попереднє фінансування, що виділяється ЄІБ на реалізацію субпроектів, що включає заходи з енергоефективності (ЕЕ) та заходи, не пов'язані з енергоефективністю, становить **5 738 964** євро. Субпроект охоплює будівлі Чернігівського національного технічного університету, що знаходиться у місті Чернігів.

Опис субпроектів для Чернігівського національного технічного університету містить таку інформацію:

1. Перелік та технічні характеристики будівель, які охоплюються субпроектом;
2. Короткий опис наявної ситуації (поточний стан) оболонки будівель, опалення, освітлення та інших систем;
3. Інформація щодо заходів з енергоефективності (короткий опис), запропонованих до впровадження для кожної будівлі;
4. Енергоспоживання будівель (фактичне, базове та після впровадження запропонованих заходів з енергоефективності); прогнози економії енергії;
5. Розрахунки скорочення викидів парникових газів (ПГ), досягнутого в результаті впровадження запропонованих заходів з ЕЕ;
6. Розрахунки щодо інвестицій, необхідних для реалізації запропонованих заходів з ЕЕ, а також основних фінансових показників за субпроектом
7. Зведена інформація про інвестиції для порівняльного аналізу субпроектів з іншими університетами.

З додатковою інформацією до пунктів 2-7 вище можна ознайомитись у звітах з енергоаудиту, підготовлених компанією іС consulenten Ziviltechniker GesmbH (Австрія) у 2017 році.

## 2. Будівлі, що брали участь в аналізі

До Субпроектів для Чернігівського національного технічного університету входить 12 будівель. Перелік будівель представлено у таблиці нижче:

<sup>1</sup> Енергоаудити проводилися відповідно до стандарту «EN 16247– Енергетичні аудити– частина 1: Загальні вимоги». Енергоаудити проводилися відповідно до європейських норм, директив та стандартів, а також застосованих українських стандартів, норм та правил, що були в силі на момент підготовки звіту.

<sup>2</sup> Підсумковий звіт про енергетичний аудит для університету Чернігівського національного технічного університету, іС / CES 21.12.2017.

**Таблиця 1. Перелік будівель субпроекту Чернігівського національного технічного університету.**

№	Будівля	Тип будівлі	Субтип будівлі	Місцезнаходження	Рік будівництва	Кількість поверхів	Опалювальна площа, кв. м.	Опалювальний об'єм, куб. м.
1	Корпус №2	Навчальна	Факультет	вул. Шевченка, 95	1 974	3	4 232	13 726
2	Корпус № 8	Навчальна	Факультет	вул. Козацька, 1-а	1 970	4	3 050	9 761
3	Корпус №11	Навчальна	Факультет	вул. Шевченка, 95	1 950	3	6 403	20 810
4	Гуртожиток №1	Навчальна	Факультет	вул. Шевченка, 99	1 980	5	5 212	13 030
5	Корпус №3	Навчальна	Факультет	вул. Шевченка, 95	1 978	3	3 749	9 747
6	Корпус № 4	Навчальна	Факультет	вул. Шевченка, 95	1 989	9	3 125	10 103
7	Корпус №1	Навчальна	Факультет	вул. Шевченка, 95	1 974	4	11 624	36 022
8	Їдальня	Інша	Їдальня	вул. Шевченка, 95	1 978	2	1 680	4 956
9	Гуртожиток №2	Житлова	Гуртожиток	вул. Козацька, 1-б	1 988	5	3 807	10 280
10	Гуртожиток №3	Житлова	Гуртожиток	вул. Козацька, 1-б	1 969	5	4 021	11 260
11	Гуртожиток №5	Житлова	Гуртожиток	пр. Миру, 190 а	1 971	4	2 089	5 473
12	Гуртожиток №6	Житлова	Гуртожиток	вул. Цюлковського, 14	1 971	5	4 076	10 598
<b>Загалом</b>							<b>53 068</b>	<b>155 766</b>

### 3. Опис існуючої ситуації та висновки

#### 3.1. Огороджувальні конструкції будівель

##### 3.1.1. Стіни будівель

Більшість будівель мають зовнішні стіни із глиняної (червоної) цегли, оштукатурені зсередини та оздоблені декоративним шаром ззовні. Здебільшого вони не мають видимих поверхневих чи структурних пошкоджень. За фактом, коефіцієнт теплопередачі таких стін становить  $U_{\phi}=0,94\div 1,22$  Вт/м<sup>2</sup>\*К (або термічний опір  $R_{\phi}=1,06\div 0,82$  м<sup>2</sup>\*К/Вт), що значно не відповідає нормативному значенню - мінімально допустимий опір теплопередачі  $R_{tr1} = 3,30$  Вт/(м<sup>2</sup>\*К) для будівництва нових будівель та  $R_{tr2} = 2,64$  Вт/(м<sup>2</sup>\*К) для реконструкції існуючих. (за діючим національним стандартом України (ДБН В 2.6-31-2016 «Теплова ізоляція будівель»).

##### 3.1.2. Вікна і двері

Наявні вікна та зовнішні двері включають такі типи: дерев'яні рами з подвійним склінням, рами з ПВХ з подвійним склінням та дерев'яні рами з одинарним склінням. Існуючі вікна та двері мають коефіцієнти теплопередачі  $U_{\phi}=1,99\div 3,16$  Вт/м<sup>2</sup>\*К (або термічний опір  $R_{\phi}=0,5\div 0,32$  м<sup>2</sup>\*К/Вт), що не відповідає мінімальним вимогам українських стандартів, згідно яких мінімально допустимий опір теплопередачі для вікон/дверей  $R_{tr1} = 0,75/0,6$  Вт/(м<sup>2</sup>\*К) для будівництва нових будівель та  $R_{tr2} = 0,6/0,48$  Вт/(м<sup>2</sup>\*К) для реконструкції існуючих.

За останні 5-7 років в будівлях проведено часткову заміну вікон та дверей.

##### 3.1.3. Покриття

З точки зору теплоізоляційних властивостей дахів будівель, суміщені /горищні покриття не відповідають мінімальним вимогам, що встановлені діючими українськими нормативними документами. За фактом, існуюче значення коефіцієнту теплопередачі дахів будівель  $U_{\phi} = 0,89\div 1,75$  Вт/м<sup>2</sup>\*К (або  $R_{\phi} = 1,12\div 0,57$  м<sup>2</sup>\*К/Вт) при мініальному нормативному значенні опору теплопередачі суміщеного/горищного покриття  $R_{tr1} = 6,0/4,95$  м<sup>2</sup>\*К/Вт (для будівництва нових будівель) та  $R_{tr2} = 4,8/3,96$  м<sup>2</sup>\*К/Вт (для реконструкції існуючих). Конструкції дахів, в основному, мають видимі пошкодження. Усі пошкодження дахів повинні бути відремонтовані перед тим як реалізовувати будь-які заходи стосовно енергоефективності. Енергоефективні заходи із додатковою теплоізоляцією на поверхні покриттів і горищ не проводилися раніше.

##### 3.1.4. Підвал

Плити перекритті в оглянутих будівлях, як правило, перебувають у поганому стані та мають незадовільні теплові властивості. Існуючі перекриття підлоги (стелі підвалу) мають коефіцієнти теплопередачі  $U_{\phi}=0,32\div 0,58$  Вт/м<sup>2</sup>\*К (або термічний опір  $R_{\phi}=3,13\div 1,72$  м<sup>2</sup>\*К/Вт), що не відповідає мінімальним вимогам українських стандартів, згідно яких мінімально допустимий опір теплопередачі для підлоги  $R_{tr1} = 3,75$  Вт/(м<sup>2</sup>\*К) для будівництва нових будівель та  $R_{tr2} = 3,0$  Вт/(м<sup>2</sup>\*К) для реконструкції існуючих. Тобто, теплоізоляційні властивості перекриття (стелі підвалу) не відповідають мінімальним вимогам, встановленим українськими стандартами. Енергоефективні заходи з точки зору додаткової теплоізоляції підлог не проводилися раніше.

#### 3.2. Системи теплопостачання

Системи теплопостачання, як правило, можна охарактеризувати як старі, гідравлічно розбалансовані та фізично зношені, з частковими вдосконаленнями, які включають недостатню теплоізоляцію трубопроводів у неопалюваних приміщеннях, заміну радіаторів. Системи опалення, як правило, є однотрубними, які встановлювались під час будівництва будівель та не підлягали реконструкції протягом всього терміну експлуатації, крім незначних модернізацій та замін окремих аварійних ділянок. Більшість опалювальних приладів – чавунні радіатори та (частково) реєстри з гладких труб, які потребують заміни. Радіаторні термостатичні клапани (терморегулятори) не встановлені, тому підтримка в приміщенні будівлі заданої необхідної температури повітря неможлива. Також, більшість радіаторів зашиті всередині стіни або знаходяться під підвіконням, що значно знижує ефективність роботи опалювальних пристроїв.

Індивідуальні тепlopункти у будівлях знаходяться переважно у поганому стані та потребують заміни. В будівлях регулювання температури теплоносія не здійснюється в автоматичному режимі. Розподільчі трубопроводи, в основному, знаходяться в поганому стані (з пошкодженнями, а іноді і з витокami), і лише деякі мають теплоізоляцію, яка в більшості випадків недостатня за товщиною та якістю. Загалом, обладнання є зношеним, тому запровадити належні режими роботи неможливо.

### 3.3. Системи вентиляції та кондиціонування

Механічні системи вентиляції переважно встановлювались під час будівництва та в більшості випадків не працюють вже тривалий час. Вентиляційні установки в системах знаходяться в поганому стані і переважно не працюють, оснащені в основному старими електродвигунами.

### 3.4. Система освітлення

Система освітлення будівель університету здійснюється за допомогою ламп розжарювання, компактних люмінесцентних ламп, ламп денного світла (люмінесцентних) та світлодіодних (LED) ламп. Системи освітлення в більшості будівель не працюють на повну потужність через обмеження споживання енергії, а також, є пошкоджені або неробочі лампи, що викликають зоровий дискомфорт у користувачів будівель. При цьому споживання електроенергії та відповідне навантаження дуже високі. Норми освітленості у приміщеннях закладів та гуртожитків не витримуються. Управління освітленням проводиться вручну.

## 4. Заходи з підвищення енергоефективності

Заходи з підвищення енергоефективності в рамках субпроекту мають забезпечити значне скорочення споживання енергії в частині опалення, підготовки гарячої води, а також освітлення та допоміжного обладнання для ОВК.

Теплоізоляція (реновація) огорожувальних конструкцій будівель зменшить споживання енергії, а також збільшить термін експлуатації будівель. У той же час теплоізоляція значно зменшить приплив зовнішнього повітря в будівлю. Зазвичай це створює проблеми, пов'язані з комфортом та потенційним впливом на продуктивність (здоров'я) користувачів будівлі. Для вирішення цього питання пропонується, щоб у кожній будівлі була система вентиляції, що поєднує централізовану та/або децентралізовану системи з установками утилізації тепла, разом із встановленими на вікнах вентиляційними отворами, що дозволить свіжому повітрю потрапляти в будівлю.

Розглядається можливість модернізації систем опалення для всіх будівель, оскільки існуючі системи опалення застарілі та неефективні. Модернізація системи опалення та/або ремонт і встановлення індивідуальної теплової підстанції пропонується провести в кожній будівлі.

Для систем освітлення передбачається заміна існуючих старих світильників на нові світлодіодні світильники, що значно знизить споживання енергії та в той же час підвищить комфорт мешканців будинків за рахунок витримання норм освітленості. Скрізь, де є світильники, які можна адаптувати до використання технології світлодіодного освітлення замість звичайних (наприклад, люмінесцентних ламп), рекомендується замінювати лише лампи.

У всіх будівлях рекомендується запровадити систему енергоменеджменту, щоб забезпечити енергетичний моніторинг, визначення ефективності споживання енергії, різні види аналізів та коригувальні дії.

Заходи з енергоефективності призначені для зниження споживання енергії та відповідних витрат, одночасно підвищуючи функціональність та комфорт будівель (приведення умов у приміщенні до нормативних рівнів).

У той же час існують певні заходи, які не входять до категорії заходів з енергоефективності (заходи, що не стосуються енергоефективності), але вони впливають на функціональність будівлі, її комфортність, а також забезпечення сталого ефекту впроваджених заходів з енергоефективності. Це вказує на необхідність реалізації таких заходів в рамках субпроекту. Остаточний перелік та інвестиційні витрати, пов'язані із заходами, не пов'язаними з енергоефективністю, мають бути визначені в ході підготовки проектної документації для будівель, на які поширюється субпроект. Перелік заходів, не пов'язаних з енергоефективністю, за цим субпроектом може включати, але не обмежуватись, наступне:

- Ремонт покрівель;
- Ремонт відмостки;
- Модернізація системи каналізації;
- Модернізація або встановлення систем пожежної безпеки;
- Необхідні для дотримання вимог щодо доступності відповідно до фінансової угоди ЄІБ та/або законодавства та нормативів України.

Зведена інформація щодо запропонованих заходів ЕЕ у будівлях Чернігівського національного технічного університету наведена в **таблиці 2** нижче:

**Таблиця 2 Зведена інформація щодо запропонованих заходів ЕЕ в Університеті**

№	Заходи	Тип заходу	1	2	3	4	5	6
			Корпус №2	Корпус № 8	Корпус №11	Гуртожиток №1	Корпус №3	Корпус № 4
			Навчальна вул. Шевченка, 95	Навчальна вул. Козацька, 1	Навчальна вул. Шевченка, 95	Навчальна вул. Шевченка, 99	Навчальна вул. Шевченка, 95	Навчальна вул. Шевченка, 95
1	Утеплення стін	ЕЕ	X	X	X	X	X	X
2	Заміна існуючих вікон	ЕЕ	X	X	X	X	X	X
3	Заміна існуючих дверей	ЕЕ	X	X	X	X	X	X
4	Утеплення горизонтального перекриття	ЕЕ		X	X	X	X	X
5	Утеплення стелі у підвалі	ЕЕ		X	X	X	X	X
6	Утеплення плоского даху	ЕЕ	X	X			X	X
7	Індивідуальна теплова підстанція (ІТП)	ЕЕ	X	X	X	X	X	X
8	Заміна системи опалення	ЕЕ	X	X	X	X	X	X
9	Модернізація системи вентиляції	ЕЕ	X	X	X	X	X	X
10	Система енерго моніторингу та система управління будівлею	ЕЕ	X	X	X	X	X	X
11	Заміна існуючого світильника на LED	ЕЕ	X	X	X	X	X	X

№	Заходи	Тип заходу	1	2	3	4	5	6
			Корпус №2	Корпус № 8	Корпус №11	Гуртожиток №1	Корпус №3	Корпус № 4
			Навчальна вул. Шевченка, 95	Навчальна вул. Козацька, 1	Навчальна вул. Шевченка, 95	Навчальна вул. Шевченка, 99	Навчальна вул. Шевченка, 95	Навчальна вул. Шевченка, 95
12	Тепловий насос	ЕЕ				X		
13	Встановлення системи підігріву води за рахунок сонячної енергії та теплового насоса для підготовки гарячої води	ЕЕ						
14	Дощові жолоби	НЕЕ	X					
15	Ремонт відмостки	НЕЕ	X					
16	Заміна покриття даху	НЕЕ					X	
17	Ремонт каналізаційної системи	НЕЕ						

**Таблиця 3 Зведена інформація щодо запропонованих заходів ЕЕ в Університеті (продовження)**

№	Заходи	Тип заходу	7	8	9	10	11	12
			Корпус №1	Їдальня	Гуртожиток №2	Гуртожиток №3	Гуртожиток №5	Гуртожиток №6
			Навчальна вул. Шевченка, 95	Інша вул. Шевченка, 95	Житлова вул. Козацька, 1	Житлова вул. Козацька, 1	Житлова пр. Миру, 190 а	Житлова вул. Ціолковського, 14
1	Утеплення стін	ЕЕ	X	X	X	X	X	X
2	Заміна існуючих вікон	ЕЕ	X	X	X	X	X	X



№	Заходи	Тип заходу	7	8	9	10	11	12
			Корпус №1	Їдальня	Гуртожиток №2	Гуртожиток №3	Гуртожиток №5	Гуртожиток №6
			Навчальна вул. Шевченка, 95	Інша вул. Шевченка, 95	Житлова вул. Козацька, 1	Житлова вул. Козацька, 1	Житлова пр. Миру, 190 а	Житлова вул. Ціолковського, 14
3	Заміна існуючих дверей	ЕЕ	X		X	X	X	X
4	Утеплення горизонтального перекриття	ЕЕ			X			
5	Утеплення стелі у підвалі	ЕЕ		X	X		X	
6	Утеплення плоского даху	ЕЕ	X	X	X	X	X	X
7	Індивідуальна теплова підстанція (ІТП)	ЕЕ	X	X	X	X	X	X
8	Заміна системи опалення	ЕЕ	X	X	X	X	X	X
9	Модернізація системи вентиляції	ЕЕ	X	X	X	X	X	X
10	Система енерго моніторингу та система управління будівлею	ЕЕ	X	X	X	X	X	X
11	Заміна існуючого світильника на LED	ЕЕ	X	X	X	X	X	X
12	Тепловий насос	ЕЕ			X	X		
13	Встановлення системи підігріву води за рахунок сонячної енергії та теплового насоса для підготовки гарячої води	ЕЕ					X	X
14	Дощові жолоби	НЕЕ						

№	Заходи	Тип заходу	7	8	9	10	11	12
			Корпус №1	Їдальня	Гуртожиток №2	Гуртожиток №3	Гуртожиток №5	Гуртожиток №6
			Навчальна вул. Шевченка, 95	Інша вул. Шевченка, 95	Житлова вул. Козацька, 1	Житлова вул. Козацька, 1	Житлова пр. Миру, 190 а	Житлова вул. Цюлковського, 14
15	Ремонт відмостки	НЄЄ						
16	Заміна покриття даху	НЄЄ						
17	Ремонт каналізаційної системи	НЄЄ	X				X	X

#### 4.1. Організаційно-освітні заходи

##### Організаційні заходи

Основна передумова раціонального енергоменеджменту включає детальні знання в енергетичну систему, а також про системи, що сприяють постійному моніторингу енергії.

Наявну документацію для будівель та будівельних систем Чернігівського національного технічного університету рекомендовано вдосконалити:

- план-схеми механічної, електричної та слюсарно-водопровідної систем у будівлях часто відсутні та не доступні для перегляду.
- плани та інформація, що міститься на планах будівель, іноді є недостатніми і потребують доповнення з метою усунення розбіжностей з фактичним становищем будівель.

В якості початкового заходу рекомендується підготувати належну та коректну документацію щодо планів будівель та систем МЕСВ. Крім того, рекомендується позначити всі елементи системи МЕСВ, щоб полегшити технічне обслуговування та періодичний контроль над елементами. На етапі проектування особливу увагу слід приділити забезпеченню достатнього рівня деталізації, що дасть змогу керівництву будівлі університету впровадити практику технічного обслуговування. Зокрема, розроблені конструкції повинні дозволяти керівництву об'єкта використовувати документи у наступному:

- Експлуатація будівельних систем відповідно до проектних параметрів;
- Моніторинг роботи будівельних систем та виявлення можливих проблем в системах;
- Проведення ремонтних робіт/огляду відповідно до графіків для рекомендованих систем;
- Розробка контрольних списків для технічного обслуговування/оглядів, що використовуються в інтервалах поточного технічного обслуговування/огляду.

Вищезазначене впровадження заходів має значний вплив на економію енергії та стійкість результатів субпроектів.

##### Освітні заходи

Значної економії енергії можна досягти шляхом зміни поведінки споживачів енергії. Тому необхідно вжити такі заходи:

- Проводити навчальні заходи (семінари), які сприятимуть підвищенню обізнаності щодо використання енергії та інших ресурсів;
- Проводити постійний нагляд та при необхідності адаптувати освітні заходи для забезпечення впливу на максимальну кількість користувачів будівель;
- Надавати інформацію користувачам будівель університету щодо споживання енергоресурсів у загальних приміщеннях, що часто використовуються.

Хоча оцінити кількість економії енергії завдяки зміні поведінки користувача складно, результат можна простежити на сумарній зміні споживання енергії.

#### 4.2. Заходи стосовно огорожувальних конструкцій будівлі

Заходи з теплоізоляції огорожувальних конструкцій будівлі мають значною мірою сприяти зменшенню споживання теплової енергії. Крім того, вони збільшать термін експлуатації будівлі. Подані нижче описи надають більш детальну інформацію про заплановані заходи з енергоефективності, пов'язані з огорожувальними конструкціями будівель. Заходи з теплоізоляції огорожувальних конструкцій будівель покликані привести фізичні властивості елементів будівель до рівнів, що відповідають вимогам законодавства України<sup>3</sup>.

##### 4.2.1. Зовнішні стіни

Технічні характеристики теплоізоляції зовнішніх стін:

- Матеріал теплоізоляції: Мінеральна вата щільністю вати **не нижче 150 кг/м.куб**;
- Теплопровідність матеріалу (максимальне значення): **0,045** Вт/мК.

Коментарі/вимоги:

<sup>3</sup> До стандартів та правил, що діють на час проведення енергоаудитів будівель. У разі необхідності потрібно буде оновити перелік запланованих заходів на етапі розробки проектної документації.

- Встановлення теплоізоляції: після очищення та підготовки поверхонь, відповідно до вимог виробника та у відповідності до нормативних актів, що регламентують технологію виконання утеплення;
- Кріплення теплоізоляції повинно проводитися відповідно до вимог виробника (які надає виробник);
- Необхідно використовувати відповідні матеріали (штукатурку, сітку тощо) згідно зі специфікацією виробника;
- Оздоблення: відповідно до вимог місцевих органів влади (якщо такі є) або відповідно до вимог інвестора.

#### 4.2.2. Плоскі дахи/горищні поверхи

Технічні характеристики теплоізоляції на плоских дахах включають:

- Матеріал теплоізоляції: Мінеральна вата;
- Теплопровідність матеріалу (максимальне значення): **0,045** Вт/мК;
- Інші елементи: гідроізоляція обов'язкова.

Встановлення: після очищення та підготовки поверхонь; відповідно до вимог виробника та у відповідності до нормативних актів, що регламентують технологію виконання утеплення.

#### 4.2.3. Стелі підвальних приміщень

Передбачаються такі технічні характеристики теплоізоляції на поверхнях над рівнем землі:

- Матеріал: залежно від правил пожежної безпеки та можливих інших обмежень щодо матеріалів, які будуть використовуватися в будівлях;
- Теплопровідність матеріалу (максимальне значення): **0,045** Вт/мК;
- Інші елементи: гідроізоляція обов'язкова.

Встановлення: після очищення та підготовки поверхонь, відповідно до вимог виробника та у відповідності до нормативних актів, що регламентують технологію виконання утеплення.

#### 4.2.4. Вікна і двері

Технічні характеристики нових вікон типу **4i-14Ar-4-14Ar-4i** наступні:

- Матеріал віконної рами: ПВХ
- Скління: Потрійне скління Low-e;
- Товщина скла: 4 мм;
- Заповнення скла: Аргон;
- Відстань між листами скла: в середньому 14 мм;
- Значення коефіцієнту теплопередачі вікна: макс. **1,1** Вт/м<sup>2</sup>К (потрібно надати останній сертифікат тестування для цього типу вікон, який повинен відповідати вимогам).

Установка: виробник повинен надати чіткі інструкції з установки.

Для того, щоб дозволити проникненню свіжого повітря, пропонується встановити вікна з вентиляційними кватирками (провітрювачами) для проникнення повітря в окремі приміщення. Вентиляційні кватирки планується встановлювати не на всіх вікнах, а за необхідності.

### 4.3. Заходи щодо системи опалення

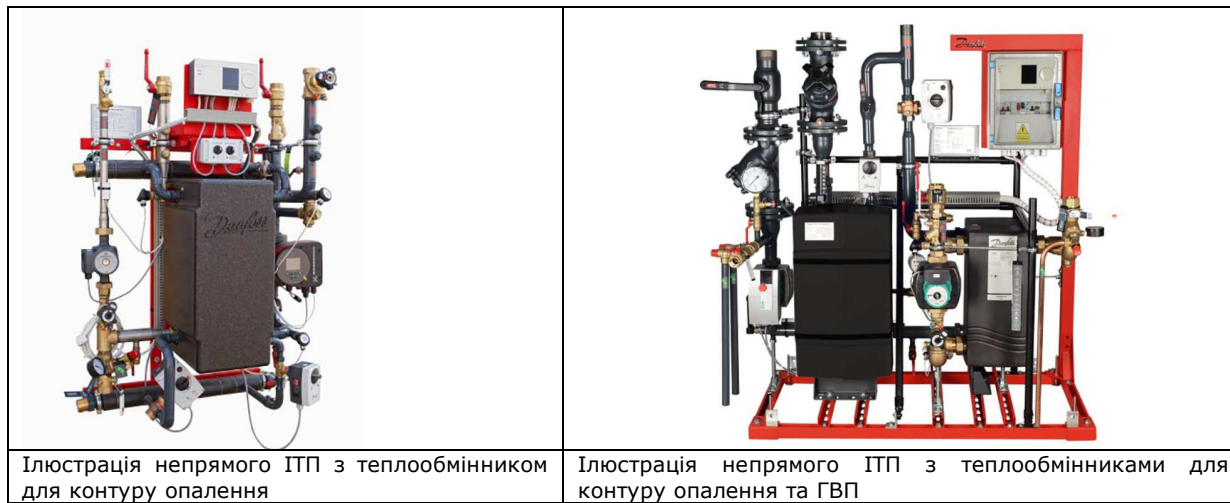
#### 4.3.1. Ремонт/установка індивідуального теплового пункту

Температура подачі тепла регулюється вручну, при цьому витрата теплоносія не змінюється. В даний час трубопроводи мережі теплопостачання безпосередньо підключені до будівлі без теплообмінника для розділення первинного та вторинного контурів. Таким чином, теплоносій з мережі ЦТ протікає через всю систему опалення об'єкта Замовника, що означає, що система опалення будівлі гідравлічно пов'язана з мережею ЦТ. Мережа ЦТ відповідає за підтримку тиску у мережі та якості води.

Відсутність автоматичного регулювання температури подачі і неможливість регулювання витрати теплоносія призводить до неефективної роботи мережі.

Таким чином, установка індивідуального теплового пункту з автоматичним регулюванням температури принесе значний енергозберігаючий ефект. Ця система дозволяє адаптувати потребу в теплопостачанні будівлі до поточного фактичного попиту відповідно до зовнішньої температури. Запровадження теплопункту з автоматичним регулюванням є необхідною технічною передумовою управління попитом. Теплопункт дає можливість здійснювати централізований дистанційний моніторинг та регулювання теплопостачання.

На сьогоднішній день на ринку є дві різні конфігурації теплових пунктів. Ці дві системи розрізняються між собою залежно від наявності теплообмінника для гідравлічного розділення первинного/вторинного контуру опалення.



Непрямий ІТП (незалежна схема) потребує більших інвестиційних витрат і дозволяє експлуатувати систему опалення будівлі без гідравлічного зв'язку з мережею ЦТ, тобто необхідний режим тиску на вторинному контурі адаптується до необхідного рівня температури, при цьому втрати тиску в будівлі можуть бути значно нижчими. З іншого боку, максимальна температура подачі на вторинному контурі є нижчою порівняно з тепловим пунктом прямого нагрівання через різницю температур між первинною/вторинною стороною теплообмінника.

Обидві системи регулюють потребу в теплостачанні відповідно до зовнішньої температури за допомогою регулятора різниці тиску та об'єму витрати. Не очікується якоїсь значної різниці у споживанні електроенергії. Недоречним недоліком незалежного тепловим пункту є той факт, що оператор будівлі відповідає за очищення теплообмінника, що є неприйнятним через брак спеціалізованого персоналу та коштів громадських будівель. В Україні цей факт є ще більш критичним, оскільки мережі теплостачання зазвичай працюють з неочищеною водою, що, ймовірно, призводить до значної кількості осаду на плитах теплообмінника, тому слід передбачати часті чистки.

З цієї причини в громадських будівлях передбачається використання тепловим пунктів за залежною схемою, де це необхідно. Такий тепловим пункт включає в себе, серед іншого, запірні клапани, зворотні клапани, фільтри та вимірювальні прилади, головним чином циркуляційний насос (група), регулятор перепаду тиску (теплогового потоку), лічильник тепла та регулятор температури навколишнього середовища. Такий регулятор дозволяє застосовувати різні режими роботи, тобто дає можливість керувати системою з різними температурними режимами для дня/ночі, буднів та вихідних. Приміщення, в яких буде встановлено тепловим пункт, повинні мати мінімальний розмір, легкість доступу і підключення до мереж водо- та електропостачання.

#### 4.3.3. Ремонт/заміна системи опалення з гідравлічним балансуванням

Ще одна проблема, пов'язана з опаленням — це стан трубопроводів теплостачання і радіаторів, які є частково зношеними, піддаються корозії, а також мають значно звужену площу поперечного перерізу через зашламування, що призводить до зниження тепловіддачі радіаторів паралельно із підвищенням гідравлічним опором трубопроводів теплостачання. Всі ці проблеми призводять до витоків води та, відповідно, до більших втрат тиску в тепломережі під час роботи. Тому цей захід не обов'язково спрямований суто на підвищення ефективності. Він складається з комплексу заходів, а саме:

- гідравлічне балансування (встановлення балансуєчих клапанів);
- заміна опалювальних приладів;
- встановлення термостатів;
- оновлення більшої частини теплорозподільчих трубопроводів з метою очищення відкладень на внутрішній поверхні;
- теплоізоляція розподільчих трубопроводів та запірної арматури.

У деяких частинах будівель опалювальні прилади часто встановлено неналежним чином, що, в свою чергу, перешкоджає правильній конвекції повітря. Циркуляцію повітря можна легко поліпшити, що матиме досить суттєвий вплив на ККД випромінювання радіатора.

#### 4.4. Заходи з підготовки гарячої води

- **Тепловий насос для підготовки гарячої води.**

Система теплового насоса забирає тепло з навколишнього середовища (теплоємність повітря) і доводить воду до вищого рівня енергії, що відповідає вимогам гарячого водопостачання. Для нагрівання гарячої води до 70°C з метою дезінфекції може бути встановлений додатковий

електрообігрівач. Університетські будівлі, подібні до тих, що були обстежені, можуть мати високе споживання енергії для підготовки гарячої води, особливо у гуртожитках, де студенти проживають протягом більшої частини року, незважаючи на те, що кількість мешканців зменшується під час канікул.

- **Сонячна тепла установка (колектори) для підготовки гарячої води.**

Належне розміщення сонячної теплової установки (колекторів) може частково покрити нагрівання гарячої води за рахунок сонячної енергії. Залежно від обраної конфігурації та налаштування системи, можна обрати літній, зимовий або річний режим роботи. Робота системи тісно пов'язана з режимом роботи будівлі і тому повинна відповідати вимогам, інакше вона не забезпечуватиме достатньо енергії або, з іншого боку, система може почати перегріватися, якщо її розмір буде надмірним. Під час розміщення системи слід особливо уважно ставитись до належного підбору розміру компонентів, що дозволить забезпечити довготривалу роботу системи (як правило, 20-25 років).

Через те, що проживання в гуртожитках не є протягом усього року, сонячні теплові системи були розміщені таким чином, щоб покрити більшість споживання ГВП влітку (найнижчий рівень), але не викликати перегрівання системи протягом літа.

Комбінована система підготовки гарячої води для сонячної теплової та теплового насоса призначена для заміни поточної подачі тепла та значно скоротити витрати на підготовку гарячої води. Запропоновані системи ГВП повинні служити підтримкою системі опалення, де це можливо. Для передачі енергії з системи ГВП в систему опалення слід використовувати теплообмінний пристрій. Для цього потрібно буде встановити елементи керування, які дозволять передавати енергію за дотримання конкретних умов для передачі енергії з системи ГВП в систему опалення. Моделювання, виконані в рамках цього проекту, не є остаточними проектами сонячних теплових систем, тому запропоновані системи потребують детальнішого вивчення на стадії проектування.

#### **4.5. Заходи щодо системи вентиляції**

Перелік заходів включає в себе встановлення вентиляційних отворів (кватирок) на вікнах (у приміщеннях, де це вважається необхідним), витяжних вентиляційних пристроїв (продуктивність 100 м<sup>3</sup>/год), які повинні використовувати існуючі вентканалі (де це можливо), а також вентиляційних пристроїв з утилізацією тепла (продуктивність 1000 м<sup>3</sup>/год). Вважається, що поєднання цих технологій має забезпечити достатню вентиляцію будівлі, приплив свіжого повітря та економію енергії.

#### **4.6. Заходи щодо системи освітлення**

Технічні вимоги до реконструкції та вдосконалення системи освітлення такі:

- Існуючі неефективні лампи розжарювання слід замінити світлодіодними лампами;
- Джерела світла повинні мати індекс світлової віддачі не нижче 70 лм / Вт і енергоспоживання не вище 20 Вт/м<sup>2</sup>, враховуючи споживання енергії вимикачів та допоміжних систем керування освітленням.
- Додаткове освітлення білої дошки повинно здійснюватися лампами з асиметричним поширенням світла, щоб забезпечити необхідний рівень освітлення в центрі дошки.

#### **4.7. Система енергоменеджменту**

Ефективна система енергоменеджменту має надзвичайно важливе значення для контролю споживання енергії та контролю та аналізу даних, отриманих із системи. Єдиною основою для точного обліку енергії є встановлення належного вимірювального обладнання; тому пропонується встановити наступне вимірювальне обладнання:

- Лічильник тепла;
- Сублічильник (контрольний лічильник) електроенергії - система зняття індивідуальних показників;
- Лічильник води.

Це обладнання повинно бути підключено до платформи управління/моніторингу будівлі. Ручне керування буде необхідним у лише надзвичайних ситуаціях, а отже, зведене до мінімуму. Платформа повинна забезпечувати моніторинг кожного університету на рівні будівлі, а також на рівні Університету, а саме:

- спостерігати за споживанням тепла, електроенергії та води в режимі реального часу в цифрах та графіках;
- надсилати запит на будь-який лічильник щодо детальних даних про споживання енергії;
- запобігати втратам енергії в інженерних системах будівель;
- архівувати дані енергоспоживання будівель;

- проаналізувати споживання та оперативним чином реагувати на випадок надзвичайних ситуацій;
- оптимізувати використання енергії в неробочий час;
- виконувати енергетичне планування (прогноз споживання енергії);
- захист даних.

#### 4.8. Автоматизована Система Управління Будівлею

Управління системами будівлі пропонується відповідно до вимог проекту з метою контролю всіх відповідних систем споживання енергії в будівлі та для задоволення вимог стандарту *EN 15232 - Енергоефективність будівель - Вплив автоматизації, моніторингу та управління будівлями*, включаючи запропоновані:

- система тепlopостачання;
- система вентиляції;
- система освітлення;
- інші наявні системи в будівлі.

Очікується, що система управління будівлею забезпечить:

- експлуатація опалювальної системи виконується за попередньо визначеними графіками, при цьому АСУБ контролює роботу циркуляційних насосів, температури в трубопроводах подачі та зворотної води відповідно до зовнішніх температур та визначених температур зворотного режиму;
- функціонування вентиляційної системи проводиться відповідно до показань датчиків CO<sub>2</sub>, показань вологості та забезпечення АСУБ ефективної роботи вентиляційної системи;
- експлуатація освітлювальної системи здійснюється за заздалегідь визначеними графіками та з використанням датчиків руху, що забезпечить роботу системи освітлення, коли в приміщенні немає людей.

### 5. Споживання енергії

#### 5.1. Вимірюване (фактичне) споживання енергії

Будинки, що входять до субпроекту, використовують два джерела енергії для опалення, підготовки гарячої води, приготування їжі, освітлення та живлення електричних пристроїв.

Фактичне (виміряне) енергоспоживання університету становить 9 046 809 кВт\*год/рік. Структура споживання енергії:

- Централізоване тепlopостачання (опалення та ГВП): 7 715 457 кВт\*год/рік;
- Електроенергія: 1 331 352 кВт\*год/рік.

Енергія для цілей опалення забезпечується системою централізованого тепlopостачання та постачається від центральної котельні, залежно від місця розташування будівель.

Підготовка гарячої води відбувається з використанням централізованого тепlopостачання та електроенергії. Природний газ в будівлях університету не використовується.

Електроенергія використовується для освітлення, гарячого водопостачання (навчальний корпус №11) та живлення різного обладнання в будівлях (обладнання ОВК, приладів та інших електричних пристроїв).

#### 5.2. Розрахункові характеристики (базове споживання) будівель, де проводився аудит

Як описано в звіті про енергетичний аудит для кожної будівлі, найчастіше, будівлі опалюються недостатньо, тобто температура в приміщенні нижча за визначену стандартами (тобто 20°C), норми з повітрообміну не витримуються. Це призводить до ситуації, коли фактичне вимірюване споживання теплової енергії не може використовуватися як базове значення. Таким чином, рекомендується використовувати розрахункові показники відповідно до стандарту як базова лінія. Отже, розрахункові показники, тобто розглянутий базовий рівень, значно перевищують вимірні витрати, оскільки потреба в опаленні (температура в приміщенні, повітрообмін) є значно вищою.

У наступній **таблиці 3** представлені показники вимірюваного споживання теплової енергії, а також базового (розрахункового) .



**Таблиця 3. Виміряне та розрахункове (базове) споживання енергії на опалення в розрахунку на будівлю та на кв.м.**

#	Будівля	Фактичне (виміряне), кВтг/рік		Базове, кВтг/рік		Після впровадження заходів (розрахункове), кВтг/рік	
		Споживання Теплової Енергії - Опалення	На кв. м	Споживання Теплової Енергії - Опалення	На кв. м	Споживання Теплової Енергії - Опалення	На кв. м
1	Корпус №2	462 827	109	960 806	227	317 132	75
2	Корпус № 8	510 568	167	686 419	225	219 914	72
3	Корпус №11	1 127 474	176	1 615 450	252	520 044	81
4	Гуртожиток №1	493 242	95	627 276	120	152 048	29
5	Корпус №3	491 599	131	794 709	212	191 053	51
6	Корпус № 4	488 371	156	844 525	270	122 949	39
7	Корпус №1	1 161 031	100	2 342 256	202	708 805	61
8	Їдальня	184 316	110	356 006	212	73 488	44
9	Гуртожиток №2	464 497	122	654 759	172	131 986	35
10	Гуртожиток №3	437 851	109	588 749	146	133 274	33
11	Гуртожиток №5	375 128	180	494 570	237	152 267	73
12	Гуртожиток №6	518 213	127	769 706	189	310 296	76
<b>Всього</b>		<b>6 715 117</b>	<b>132</b>	<b>10 735 231</b>	<b>205</b>	<b>3 033 256</b>	<b>56</b>



Наведені вище цифри таблиці 3 вказують на те, що загальна виміряне споживання енергії на опалення (включаючи опалення та компенсацію підігріву повітря для системи вентиляції) усіх розглянутих будівель становить **6 715 117** кВт год/рік, в той час як розрахункове базове значення вказує на те, що фактичне споживання опалення повинно складати **10 735 231** кВт\*год/рік. Різниця між двома показниками споживання в певних будинках може досягати значних розмірів.

З таблиці 3 видно, що майже всі будівлі, включені до субпроекту, мають питомий показник споживання теплової енергії на опалення понад 100 кВт\*год /м<sup>2</sup>рік. Середній питомий показник виміряного споживання теплової енергії на опалення для всіх будівель становить **132** кВт\*год/м<sup>2</sup>рік. Середній питомий показник базового енергоспоживання на опалення (включаючи опалення та компенсацію підігріву повітря для системи вентиляції) становить **205** кВт\*год/м<sup>2</sup>рік. Різниця між середнім питомим показником базового та фактичного енергоспоживання на опалення в середньому складає 73 кВт\*год/м<sup>2</sup>рік, тобто 36%, що говорить про те, що у будівлях значно не витримуються норми щодо мікроклімату в приміщеннях.

На відміну від питомого виміряного споживання теплової енергії базове питоме споживання теплової енергії показує більш реалістичну ситуацію при врахуванні нормативних умов та властивостей огорожувальних конструкцій та систем ОВК будівель. Оскільки будівлі, включені до субпроекту, не мають утеплених огорожувальних конструкцій, це значення (базове) є набагато ближчим до реальності.

### 5.3. Виміряне та базове споживання енергії

Виміряне споживання енергії за лічильником в більшості випадків є значно нижчим за базове розрахункове споживання енергії. Основними причинами для цього є:

- нижча температура в приміщенні порівняно з необхідним (нормативним) рівнем;
- Нижчий показник повітрообміну (неналежна вентиляція), включаючи повну герметизацію вікон з метою запобігання інфільтрації та протягів;
- ручне регулювання систем теплопостачання;
- обмеження енергетичного бюджету.

### 5.4. Споживання енергії після впровадження запропонованих заходів з енергоефективності

Ситуація після впровадження запропонованих заходів з енергоефективності свідчить про значне зниження як споживання енергії, так і пов'язаних з цим витрат на енергоносії. Основними цілями запропонованих заходів з енергоефективності є скорочення теплової енергії, яка використовується для опалення та підготовки гарячої води, а також електроенергії, яка використовується для освітлення та живлення інших допоміжних пристроїв, таких як обладнання системи ОВК.

Як показано в звітах з енергетичного аудиту кожної окремої будівлі, за фактом найчастіше будівлі опалюються недостатньо, тобто температура в приміщенні нижча за нормативну (тобто 20°C). У ситуації після реновації головне припущення полягає в тому, що будинок буде нагріватися до стандартної (нормативної) температури 20°C для підтримки теплового комфорту.

Дані вказують на те, що загальне споживання енергії на опалення після впровадження заходів з енергоефективності (включаючи опалення та компенсацію підігріву повітря для системи вентиляції) усіх розглянутих будівель становить **3 033 256** кВт\*год/рік, що є зниженням на 72% порівняно з базовим рівнем та зменшення на 55% порівняно з фактичним (виміряним) споживанням.

Після впровадження заходів з енергоефективності середнє питоме споживання теплової енергії (включаючи опалення та компенсацію підігріву повітря для системи вентиляції) знизиться в середньому до **56** кВт\*год/м<sup>2</sup>рік. Питоме споживання електричної енергії після впровадження заходів з енергоефективності в середньому складає **44** кВт\*год/м<sup>2</sup>рік. Питоме споживання електричної енергії збільшиться після впровадження ЕЕ заходів через додаткові витрати електричної енергії системами вентиляції та тепловими насосами.

Дані щодо споживання теплової енергії на опалення, ГВП та електричної енергії після впровадження запропонованих заходів з енергоефективності наведені в **таблиці 4** нижче:

**Таблиця 4. Показники споживання енергії до та після впровадження ЕЕ заходів.**

#	Будівля	Споживання Фактичне (виміряне), кВтг/рік				Споживання Базове, кВтг/рік				Споживання після впровадження заходів (розрахункове), кВтг/рік			
		Опалення	Гаряча Вода	Електро енергія	Загалом	Опалення	Гаряча Вода	Електро енергія	Загалом	Опалення	Гаряча Вода	Електро енергія	Загалом
1	Корпус №2	462 827	8 374	35 985	507 186	960 806	8 374	45 851	1015 031	317 132	8 374	60 003	385 509
2	Корпус № 8	510 568	6 762	50 741	568 071	686 419	6 762	79 479	772 660	219 914	6 762	100 584	327 260
3	Корпус №11	1127 474	4 038	80 262	1211 774	1615 450	4 038	102 341	1721 829	520 044	4 038	103 546	627 628
4	Гуртожиток №1	493 242	390 471	243 299	1127 012	627 276	390 471	296 448	1314 195	152 048	390 471	354 689	897 208
5	Корпус №3	491 599	4 187	13 133	508 919	794 709	4 187	40 604	839 500	191 053	4 187	51 530	246 770
6	Корпус № 4	488 371	7 850	111 294	607 515	844 525	7 850	165 171	1017 546	122 949	7 850	172 564	303 363
7	Корпус №1	1161 031	18 998	137 560	1317 589	2342 256	18 998	239 576	2600 830	708 805	18 998	172 902	900 705
8	Їдальня	184 316	40 232	59 781	284 329	356 006	40 232	63 906	460 144	73 488	40 232	65 485	179 205
9	Гуртожиток №2	464 497	161 624	178 814	804 935	654 759	162 210	253 252	1070 221	131 986	162 210	274 916	569 112

#	Будівля	Споживання Фактичне (виміряне), кВтг/рік				Споживання Базове, кВтг/рік				Споживання після впровадження заходів (розрахункове), кВтг/рік			
10	Гуртожиток №3	437 851	121 156	159 059	718 066	588 749	121 156	242 309	952 214	133 274	121 156	266 975	521 405
11	Гуртожиток №5	375 128	143 963	90 318	609 409	494 570	167 390	114 246	776 206	152 267	167 390	166 697	486 354
12	Гуртожиток №6	518 213	92 685	171 106	782 004	769 706	92 685	219 520	1081 911	310 296	92 685	241 135	644 116
<b>Загалом</b>		<b>6715117</b>	<b>1000340</b>	<b>1331352</b>	<b>9046809</b>	<b>10735231</b>	<b>1024353</b>	<b>1862703</b>	<b>13622287</b>	<b>3033256</b>	<b>1024353</b>	<b>2031026</b>	<b>6088635</b>

## 6. Оцінка інвестицій та заощаджень

Інвестиційні витрати для кожної будівлі базуються на кошторисах, наданих у відповідних звітах з енергоаудиту. Витрати на кожен захід в рамках комплексу заходів приймалися відповідно до ринкових цін на запропоновану продукцію, матеріали та трудові витрати, пов'язані з впровадженням конкретних заходів з енергоефективності на момент складання звіту про енергоаудит.

Заходи були розділені на заходи з енергоефективності (ті, що створюють економію енергії) та заходи, не пов'язані з енергоефективністю (які не створюють економію енергії, проте сприяють стійкості запропонованих заходів з енергоефективності або збільшенню загальної функціональності будівлі / умов експлуатації).

Інвестиції було розподілено аналогічним чином: інвестиційні витрати, спрямовані на підвищення енергоефективності та інвестиційні витрати, не пов'язані з енергоефективністю. Оскільки заходи, не пов'язані з енергоефективністю, не сприяють загальному потенціалу запропонованих комплексів заходів для досягнення економії, вони не були включені до фінансового аналізу інвестиційного пакету (надано у **розділі 7** нижче).

У наступній **таблиці 5** представлені інвестиційні витрати для кожної будівлі субпроекту.

**Таблиця 5. Дані щодо інвестицій субпроекту (заходи та будівлі).**

№	Заходи	Тип заходу	1	2	3	4	5	6
			Корпус №2	Корпус № 8	Корпус №11	Гуртожиток №1	Корпус №3	Корпус № 4
			Навчальна	Навчальна	Навчальна	Навчальна	Навчальна	Навчальна
			вул. Шевченка, 95	вул. Козацька, 1	вул. Шевченка, 95	вул. Шевченка, 99	вул. Шевченка, 95	вул. Шевченка, 95
			П-1	П-1	П-1	П-1	П-1	П-1
1	Утеплення стін	ЕЕ	73 530	65 475	163 035	115 155	109 395	114 930
2	Заміна існуючих вікон	ЕЕ	67 080	35 582	97 540	9 460	65 000	104 738
3	Заміна існуючих дверей	ЕЕ	3 740	1 716	1 631	1 463	1 747	2 354
4	Утеплення горищного перекриття	ЕЕ		21 272	63 640	34 500	26 310	10 859
5	Утеплення стелі у підвалі	ЕЕ		3 240	16 428	34 500 <sup>4</sup>	26 310	7 200
6	Утеплення плоского даху	ЕЕ	97 185	23 095			6 270	20 405
7	Індивідуальна теплова підстанція (ІТП)	ЕЕ	16 000	16 000	24 500	20 000	17 000	17 500
8	Заміна системи опалення	ЕЕ	77 280	66 280	128 060	113 980	87 300	91 940
9	Модернізація системи вентиляції	ЕЕ	75 600	76 630	89 270	24 780	62 340	77 720
10	Система енергомоніторингу та система управління будівлею	ЕЕ	29 000	27 200	32 000	30 300	28 200	27 500
11	Заміна існуючого світильника на LED	ЕЕ	35 350	30 700	45 450	48 000	33 650	55 200
12	Тепловий насос, встановлення системи підігріву води за рахунок сонячної енергії та теплового насоса <sup>5</sup>	ЕЕ				93 858		
13	Дощові жолоби	НЕЕ	2 250					
14	Ремонт відмостки	НЕЕ	6 750					

<sup>4</sup> Не включені до пріоритетного плану інвестицій Університета.

<sup>5</sup> Не включені до пріоритетного плану інвестицій Університета.

№	Заходи	Тип заходу	1	2	3	4	5	6
			Корпус №2	Корпус № 8	Корпус №11	Гуртожиток №1	Корпус №3	Корпус № 4
			Навчальна	Навчальна	Навчальна	Навчальна	Навчальна	Навчальна
			вул. Шевченка, 95	вул. Козацька, 1	вул. Шевченка, 95	вул. Шевченка, 99	вул. Шевченка, 95	вул. Шевченка, 95
			П-1	П-1	П-1	П-1	П-1	П-1
15	Заміна покриття даху	НЄЄ					17 540	
16	Ремонт каналізаційної системи	НЄЄ						
Загальна вартість, ЄВРО			483 765	367 190	661 554	525 996	481 062	530 346

Таблиця 5. Дані щодо інвестицій субпроекту (заходи та будівлі), продовження.

№	Заходи	Тип заходу	7	8	9	10	11	12
			Корпус №1	Їдальня	Гуртожиток №2	Гуртожиток №3	Гуртожиток №5	Гуртожиток №6
			Навчальна	Інша	Житлова	Житлова	Житлова	Житлова
			вул. Шевченка, 95	вул. Шевченка, 95	вул. Козацька, 1	вул. Козацька, 1	пр. Миру, 190 а	вул. Ціолковського, 14
			П-1	П-1	П-1	П-1	П-1	П-1
1	Утеплення стін	ЄЄ	221 535	41 760	92 835	98 685	43 110	83 385
2	Заміна існуючих вікон	ЄЄ	277 940	16 770	53 391	68 024	37 440	78 260
3	Заміна існуючих дверей	ЄЄ	2 420		997	521	1 870	1 100
4	Утеплення горищного перекриття	ЄЄ			22 225			
5	Утеплення стелі у підвалі	ЄЄ		2 550	37 135		5 820	
6	Утеплення плоского даху	ЄЄ	228 195	50 545	27 335	51 838	29 315	53 625
7	Індивідуальна теплова підстанція (ІТП)	ЄЄ	20 000	12 000	16 000	16 300	16 000	16 000
8	Заміна системи опалення	ЄЄ	230 000	25 960	69 200	80 440	44 700	81 120
9	Модернізація системи вентиляції	ЄЄ	113 000	15 600	32 870	13 250	4 500	4 500

№	Заходи	Тип заходу	7	8	9	10	11	12
			Корпус №1	Їдальня	Гуртожиток №2	Гуртожиток №3	Гуртожиток №5	Гуртожиток №6
			Навчальна	Інша	Житлова	Житлова	Житлова	Житлова
			вул. Шевченка, 95	вул. Шевченка, 95	вул. Козацька, 1	вул. Козацька, 1	пр. Миру, 190 а	вул. Ціолковського, 14
			П-1	П-1	П-1	П-1	П-1	П-1
10	Система енергомоніторингу та система управління будівлею	ЕЕ	35 800	25 500	28 200	28 700	25 900	28 800
11	Заміна існуючого світильника на LED	ЕЕ	80 750	16 300	40 100	43 950	26 000	51 700
12	Тепловий насос, встановлення системи підігріву води за рахунок сонячної енергії та теплового насоса <sup>6</sup>	ЕЕ			71 286	27 027	41 286	34 514
13	Дощові жолоби	НЕЕ						
14	Ремонт відмостки	НЕЕ						
15	Заміна покриття даху	НЕЕ						
16	Ремонт каналізаційної системи	НЕЕ	3 000				4 500	5 700
<b>Загальна вартість, ЄВРО</b>			<b>1 212 640</b>	<b>206 985</b>	<b>491 574</b>	<b>428 735</b>	<b>280 441</b>	<b>438 704</b>

До суми інвестицій не входить податок на додану вартість (ПДВ). Всі інвестиції включають витрати на всіх етапах реалізації проекту, включаючи наступні:

- проекти (архітектурні, будівельні, механічні та електричні),
- управління проектами,
- будівництво (в тому числі матеріали, роботи, установка систем, введення в експлуатацію, перевірка, випробування, а також всі інші супутні витрати).
- нагляд за будівництвом.

Інформація про заощадження субпроектів у кВт\*год та у грошовому вираженні узагальнена у **таблиці 6** нижче:

<sup>6</sup> Не включені до пріоритетного плану інвестицій Університету.

**Таблиця 6. Заощадження субпроекту в кВт\*год та грошові вирази на рік.**

#	Будівля	Економія після впровадження заходів (розрахункова), кВтг/рік				Економія після впровадження заходів (розрахункова), ЄВРО				Економія після впровадження заходів (розрахункова), %	
		Теплової Енергії - Опалення	Теплової Енергії - Гаряча Вода	Електричної Енергії	Загалом	Теплової Енергії - Опалення	Теплової Енергії - Гаряча Вода <sup>7</sup>	Електричної Енергії <sup>8</sup>	Загалом	Енергетичних Ресурсів	ЄВРО
1	Корпус №2	643 674		-14 152	629 522	22 593		-1 056	21 537	32%	58%
2	Корпус № 8	466 505		-21 105	445 400	19 547		-1 574	17 972	30%	51%
3	Корпус №11	1 095 406		-1 205	1 094 201	54 787		-90	54 697	33%	62%
4	Гуртожиток №1	475 228		-58 241	416 987	16 681	13 706	-1 747	28 639	18%	64%
5	Корпус №3	603 656		-10 926	592 730	21 188		-815	20 373	36%	66%
6	Корпус № 4	721 576		-7 393	714 183	25 327		-552	24 776	38%	59%
7	Корпус №1	1 633 451		66 674	1 700 125	57 334		4 974	62 308	34%	62%

<sup>7</sup> Додаткова економія коштів за рахунок використання ТН і геліосистеми.

<sup>8</sup> Від'ємні значення через додаткові витрати електричної енергії системами вентиляції та тепловими насосами



#	Будівля	Економія після впровадження заходів (розрахункова), кВтг/рік				Економія після впровадження заходів (розрахункова), ЄВРО				Економія після впровадження заходів (розрахункова), %	
		Теплової Енергії - Опалення	Теплової Енергії - Гаряча Вода	Електричної Енергії	Загалом	Теплової Енергії - Опалення	Теплової Енергії - Гаряча Вода <sup>7</sup>	Електричної Енергії <sup>8</sup>	Загалом	Енергетичних Ресурсів	ЄВРО
8	Їдальня	282 518		-1 579	280 939	9 916		-118	9 799	33%	52%
9	Гуртожиток №2	522 773		-21 664	501 109	19 965	6 195	-650	25 510	27%	66%
10	Гуртожиток №3	455 475		-24 666	430 809	17 395	4 627	-740	21 282	26%	62%
11	Гуртожиток №5	342 303		-52 451	289 852	13 073	6 393	-1 574	17 892	20%	62%
12	Гуртожиток №6	459 410		-21 615	437 795	14 876	3 001	-648	17 228	23%	50%
<b>Всього</b>		<b>7 701 975</b>		<b>-168 323</b>	<b>7 533 652</b>	<b>292 681</b>	<b>33 921</b>	<b>-4 590</b>	<b>322 012</b>	<b>29%</b>	<b>59%</b>

## 7. Економічний та фінансовий аналіз

Запропонований субпроект був проаналізований для визначення простого періоду окупності інвестицій, передбачених для кожної будівлі.

Як представлено у розділі вище, загальна сума інвестицій у запропоновані пакети заходів з енергоефективності становить 6 108 992 євро (без ПДВ), це включає заходи з енергоефективності у розмірі 6 069 252 євро (без ПДВ) та заходи, не пов'язані з енергоефективністю, у розмірі 39 740 євро (без ПДВ). Загальна сума економії в результаті реалізації субпроекту дорівнює 322 012 євро на рік. Простий період окупності субпроекту - 19 років, для будівель він становить від 17 до 22 років.

**Примітка:** Якщо Проектом не передбачено впровадження ЕЕ заходів «Встановлення системи підігріву води за рахунок сонячної енергії та теплового насоса для підготовки гарячої води» та «Встановлення теплового насосу», тоді загальна сума інвестицій заходів з енергоефективності знизиться з **6 069 252** до **5 801 281** євро (без ПДВ).

Деталі щодо інвестицій та періоду окупності наведені в **таблиці 7** нижче.

**Таблиця 7 Інвестиції та окупність субпроекту.**

№	Будівля	Інвестиції, ЄВРО (без ПДВ)	Економія, ЄВРО	Проста окупність, років
1	Корпус №2	474 765	21 537	23
2	Корпус № 8	367 190	17 972	20
3	Корпус №11	661 554	54 697	12
4	Гуртожиток №1	525 996	28 639	18
5	Корпус №3	463 522	20 373	24
6	Корпус № 4	530 346	24 776	21
7	Корпус №1	1 209 640	62 308	20
8	Їдальня	206 985	9 799	21
9	Гуртожиток №2	491 574	25 510	19
10	Гуртожиток №3	428 735	21 282	20
11	Гуртожиток №5	275 941	17 892	16
12	Гуртожиток №6	433 004	17 228	26
<b>Загалом</b>		<b>6 108 992</b>	<b>322 012</b>	<b>19</b>

Структура інвестицій в енергоефективність:

- Теплоізоляція оболонок будівель становить 3 053 411 євро (50% від загальної вартості);
- Системи ОВК - 2 240 720 євро (37% від загальної вартості);
- Системи освітлення 507 150 євро (8% від загальної вартості);
- Системи ГВП - 267 971 євро (4% від загальної вартості).

Середні питомі інвестиційні витрати Чернігівського національного технічного університету становлять 114 / м<sup>2</sup> опалюваної площі будівель.

Деталі щодо питомих витрат та зниження енергоспоживання будівель включених до субпроекту надані у **таблиці 8**.

**Таблиця 8. Питомі витрати та зниження енергоспоживання будівель включених до субпроекту**

#	Будівля	Інвестиції, ЄВРО (без ПДВ)	Інвестиції на м2 ЄВРО (без ПДВ)	Енерго споживання на м2 (базове)	Енерго споживання на м2 (після впровадження заходів)
1	Корпус №2	483765	114	240	91
2	Корпус № 8	367190	120	253	107
3	Корпус №11	661554	103	269	98
4	Гуртожиток №1	525996	101	252	172
5	Корпус №3	481062	128	224	66
6	Корпус № 4	530346	170	326	97
7	Корпус №1	1212640	104	224	77
8	Їдальня	206985	123	274	107
9	Гуртожиток №2	491574	129	281	149
10	Гуртожиток №3	428735	107	237	130
11	Гуртожиток №5	280441	134	372	233
12	Гуртожиток №6	438704	108	265	158
<b>Загалом</b>		<b>6108992</b>	<b>115</b>	<b>257</b>	<b>115</b>

#### 8. Оцінка скорочення викидів ПГ

Скорочення викидів парникових газів (CO<sub>2</sub>) розраховано, взявши за основу основи економії енергії (прогнозоване споживання енергії порівняно з базовим показником) в результаті впровадження заходів з ЕЕ. Орієнтовні скорочення викидів ПГ для субпроекту наведені в **таблиці 9** нижче.

**Таблиця 9. Скорочення викидів ПГ для субпроекту**

#	Будівля	Викиди базове споживання, кгCO2/рік				Викиди після впровадження заходів (розрахункове), кгCO2/рік				Зниження викидів (розрахункове) за рахунок зниження споживання, кгCO2/рік			
		Теплової Енергії - Опалення	Теплової Енергії - Гаряча Вода	Електрич ної Енергії	Загалом	Теплової Енергії - Опалення	Теплової Енергії - Гаряча Вода	Електрич ної Енергії	Загалом	Теплової Енергії - Опалення	Теплової Енергії - Гаряча Вода	Електрич ної Енергії	Загалом
1	Корпус №2	278 634	2 428	41 082	<b>322 145</b>	91 968	2 428	53 763	<b>148 159</b>	186 665	0	-12 680	<b>173 985</b>
2	Корпус № 8	199 062	1 961	71 213	<b>272 236</b>	63 775	1 961	90 123	<b>155 859</b>	135 286	0	-18 910	<b>116 376</b>
3	Корпус №11	468 481	3 618	91 698	<b>563 796</b>	150 813	1 171	92 777	<b>244 761</b>	317 668	2 447	-1 080	<b>319 035</b>
4	Гуртожиток №1	181 910	113 237	265 617	<b>560 764</b>	44 094	113 237	317 801	<b>475 132</b>	137 816	0	-52 184	<b>85 632</b>
5	Корпус №3	230 466	1 214	36 381	<b>268 061</b>	55 405	1 214	46 171	<b>102 790</b>	175 060	0	-9 790	<b>165 271</b>
6	Корпус № 4	244 912	2 277	147 993	<b>395 182</b>	35 655	2 277	154 617	<b>192 549</b>	209 257	0	-6 624	<b>202 633</b>
7	Корпус №1	679 254	5 509	214 660	<b>899 424</b>	205 553	5 509	154 920	<b>365 983</b>	473 701	0	59 740	<b>533 441</b>
8	Їдальня	103 242	11 667	57 260	<b>172 169</b>	21 312	11 667	58 675	<b>91 653</b>	81 930	0	-1 415	<b>80 515</b>
9	Гуртожиток №2	189 880	47 041	226 914	<b>463 835</b>	38 276	47 041	246 325	<b>331 642</b>	151 604	0	-19 411	<b>132 193</b>
10	Гуртожиток №3	170 737	35 135	217 109	<b>422 981</b>	38 649	35 135	239 210	<b>312 994</b>	132 088	0	-22 101	<b>109 987</b>
11	Гуртожиток №5	143 425	48 543	102 364	<b>294 333</b>	44 157	48 543	149 361	<b>242 061</b>	99 268	0	-46 996	<b>52 272</b>
12	Гуртожиток №6	223 215	26 879	196 690	<b>446 783</b>	89 986	26 879	216 057	<b>332 921</b>	133 229	0	-19 367	<b>113 862</b>
<b>Всього</b>		<b>3113217</b>	<b>299 509</b>	<b>1668982</b>	<b>5081708</b>	<b>879 644</b>	<b>297 062</b>	<b>1819799</b>	<b>2996506</b>	<b>2233573</b>	<b>2 447</b>	<b>-150 817</b>	<b>2085202</b>

Інформація про субпроект для Університету Чернігівського національного технічного університету узагальнена в **таблиці 10** нижче.

**Таблиця 10. Підсумкова інформація про субпроект Полтавського національного технічного університету ім. Кондратюка**

Індикатор	Опис / значення
Проведені ЕАБ, рік	2017
Кількість будівель	12 (7 навчальних корпусів, 4 гуртожитки та 1 їдальня)
Опалювана площа	53 068 м <sup>2</sup>
Базове споживання енергії, кВт·год / рік	13 622 287
Вимірювання споживання енергії	Споживання за лічильником <u>значно нижче (у 1,3-2 рази)</u> , ніж базове розрахункове споживання енергії.
Скорочення споживання енергії, кВт·год/р	7 533 652:
Скорочення споживання енергії, кВт·год / год	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Централізоване тепlopостачання – (7 701 975)</li> <li>• Природний газ - <ul style="list-style-type: none"> <li>• Електроенергія – (-168 323)</li> </ul> </li> </ul>
Оцінка споживання енергоресурсів після ЕЕ модернізації, кВт·год/р	6 088 635
Запропоновані заходи	<p><b>Енергоефективні заходи:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Утеплення стін</li> <li>• Заміна існуючих вікон</li> <li>• Заміна існуючих дверей</li> <li>• Утеплення горищного перекриття</li> <li>• Утеплення стелі у підвалі</li> <li>• Утеплення плоского даху</li> <li>• Індивідуальна тепла підстанція (ІТП)</li> <li>• Заміна системи опалення</li> <li>• Модернізація системи вентиляції</li> <li>• Система енергомоніторингу та система управління будівлею</li> <li>• Заміна існуючого світильника на LED</li> <li>• Тепловий насос</li> <li>• Встановлення системи підігріву води за рахунок сонячної енергії та теплового насоса для підготовки гарячої води</li> </ul> <p><b>Технічні заходи:</b></p> <p>Дощові жолоби</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ремонт відмостки</li> <li>• Заміна покриття даху</li> <li>• Ремонт каналізаційної системи</li> <li>•</li> </ul>
Оцінка інвестицій <sup>9</sup> (без ПДВ), євро	6 069 252 <sup>10</sup> євро (без ПДВ)- включаючи заходи з використанням геліосистем та теплових насосів

<sup>9</sup> У тому числі витрати на проекти (архітектурні, будівельні, механічні та електричні), управління проектами, будівництво (в тому числі матеріали, роботи, установка систем, введення в експлуатацію, перевірка, випробування, а також всі інші пов'язані з цим витрати) та нагляд за будівництвом).

Індикатор	Опис / значення
<b>Розрахункова розбивка інвестицій (без ПДВ), євро</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Теплоізоляція оболонок будівель становить 3 053 411 євро (50% від загальної вартості);</li> <li>Системи ОВК - 2 240 720 євро (37% від загальної вартості);</li> <li>Системи освітлення 507 150 євро (8% від загальної вартості);</li> <li>Системи ГВП - 267 971 євро (4% від загальної вартості).</li> </ul>
<b>Орієнтовна вартість заходів, не пов'язаних з ЕЕ (без ПДВ), євро</b>	39 740 <sup>11</sup>
<b>Оцінка щорічної економії (без ПДВ), євро</b>	322 012
<b>Простий період окупності для субпроекту, років</b>	19
<b>Скорочення викидів ПГ, CO2 т/рік</b>	2 085 (у порівнянні з базовим рівнем)

<sup>10</sup> Вартість енергоефективних заходів.

<sup>11</sup> Визначено на основі даних енергоаудитів. Перелік заходів та фінансування можуть бути визначені лише після розробки проектно-кошторисної документації.

## 9. Додаток - Список використаних припущень

### 9.1 Тарифи

Наступні усереднені тарифи були використані для розрахунків під час проведення енергоаудитів (2017 рік).

Ресурс	Базовий	Після впровадження заходів
<b>Навчальні корпуси</b>		
Теплова Енергія (Корпус №1,2,3,4, їдальня)	0,0351	0,0351
Гаряча Вода	0,0351	0,0351
Електрична Енергія	0,0746	0,0746
Корпус 8 (теплова енергія)	0,0419	0,0419
Корпус 11 (теплова енергія)	0,05	0,05
<b>Гуртожитки</b>		
Теплова Енергія (Гуртожиток №1)	0,0351	0,0351
Гаряча Вода(Гуртожиток №1)	0,0351	0,0351
Електрична Енергія	0,0300	0,03
Теплова Енергія (Гуртожиток №2,3,5)	0,0382	0,0382
Теплова Енергія (Гуртожиток №6)	0,0324	0,0324

### 9.2 Коефіцієнти викидів CO2

Для розрахунків були використані наступні коефіцієнти викидів CO2.

Ресурс	Базова	Після впровадження заходів
Теплова Енергія	0,290	0,290
Гаряча Вода	0,290	0,290
Електрична Енергія	0,896	0,896

### 9.3 Вартість основних заходів прийнята для розрахунків інвестицій

№	Захід	Одиниця Виміру	Вартість, ЄВРО			
			Робота	Матеріали	Інше*	Загалом

№	Захід	Одиниця виміру	Вартість, Євро			
			Робота	Матеріали	Інше*	Загалом
1	Утеплення стін	Євро/м <sup>2</sup>	15,8	22,5	6,7	45
2	Заміна існуючих вікон	Євро/м <sup>2</sup>	26	91	13	130
3	Заміна існуючих дверей	Євро/м <sup>2</sup>	22	77	11	110
4	Утеплення горизонтального перекриття	Євро/м <sup>2</sup>	10,5	15	4,5	30
5	Утеплення стелі у підвалі	Євро/м <sup>2</sup>	9	18	3	30
6	Заміна звичайних ламп на світлодіодні лампи	Євро/лампу	1,2	6,4	0,4	8
	Заміна наявного світильника на світильники світлодіодними лампами	Євро/світильник	7,5	40	2,5	50
7	Утеплення плоского даху	Євро/м <sup>2</sup>	19,3	27,5	8,3	55
8	Індивідуальна теплова підстанція (ІТП) <2000м <sup>2</sup>	Євро/одиночку	3 575	8 580	2 145	14 300
	Індивідуальна теплова підстанція (ІТП) >2000м <sup>2</sup>	Євро/одиночку	4 000	9 600	2 400	16 000
	Індивідуальна теплова підстанція (ІТП) >5000м <sup>2</sup>	Євро/одиночку	5 000	12 000	3 000	20 000
9	Заміна системи опалення Ізоляція трубопроводів СО Балансування СО	Євро/м <sup>2</sup> опал. Площі	7	12	1	20
10	Модернізація системи вентиляції	Євро/од.	Залежить від будівлі			
11	Сонячна теплова і теплова насосна система	Євро/м <sup>2</sup>	135	247,5	67,5	450
12	Система енергетичного моніторингу та система управління будівлею	Євро/будівлю	Залежить від будівлі (24800-41000 Євро)			