

ТОВ ЕСКО «Центр модернізації будівель»

ЗВІТ З ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ

Таврійський державний
агротехнологічний університет

м. Мелітополь, проспект Б. Хмельницького, 18
(Корпус №2)



ТОВ ЕСКО «Центр модернізації будівель»

ЗВІТ З ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ

Таврійський державний
агротехнологічний університет

Замовник:	Таврійський державний агротехнологічний університет
Виконавець:	ТОВ ЕСКО «Центр Модернізації Будівель»
Відповідальний виконавець:	Євгеній Гофман, директор, ТОВ ЕСКО «Центр Модернізації Будівель»
Документ:	Звіт з енергетичного аудиту
Будівля:	Корпус №2 Таврійського державного агротехнологічного університету
Адреса:	Запорізька область м. Мелітополь проспект Б. Хмельницького,18
Балансоутримувач будівлі:	Таврійський державний агротехнологічний університет
Версія, дата:	Версія 1.0, від 15.02.2018
Перевірив:	Василь Степаненко, заст. директора, ТОВ ЕСКО «Центр Модернізації Будівель»

Перелік скорочень

ВРП –	ввідно-розподільчий пристрій
ГВП –	гаряче водопостачання
ГРП –	група реалізації проекту
ДБН –	Державні будівельні норми
ДСТУ –	Державний стандарт України
ЕСКО –	енергосервісна компанія
ІТП –	індивідуальний тепловий пункт погодним регулюванням теплоспоживання
КП –	Комунальне підприємство
МФО –	міжнародні фінансові організації
н/д –	немає даних
ОП –	опалювальний прилад
ПВХ –	полівінілхлорид
ПДВ –	податок на додану вартість
ПдЗх –	південний захід
ПдСх –	південний схід
ПЕР –	паливно - енергетичні ресурси
ПКД –	проектно-кошторисна документація
ПнЗх –	північний захід
ПнСх –	північний схід
РП –	розподільчий пристрій
ТЕ –	теплова енергія
ТЕО –	техніко-економічне обґрунтування
ТОВ –	товариство з обмеженою відповідальністю
ТП –	трансформаторна підстанція
ЗМЕА –	Запорізьке муніципальне енергетичне агентство
CO ₂ –	діоксид вуглецю (вуглекислий газ)
DRP –	дисконтований строк окупності інвестицій (англ. – Discounted Payback Period)
EU –	Європейський Союз (англ. – European Union)
EUR –	Євро (офіційна валюта «єврозони»)
IRR –	внутрішня норма рентабельності (англ. – Internal Rate of Return)
NPV –	чистий дисконтований дохід (англ. – Net Present Value)
NPVQ –	коефіцієнт чистого дисконтованого доходу (англ. – Net Present Value of Quotient)
SPP –	простий строк окупності інвестицій (англ. – Simple Payback Period)

Зміст

1.	Резюме.....	5
2.	Організація проекту.....	11
3.	Стандарти і нормативно-правові документи.....	11
4.	Опис стану будівлі.....	13
4.1.	Загальні відомості про будівлю.....	13
4.2.	Характеристика огорожувальних конструкцій.....	14
4.3.	Характеристика інженерних систем.....	19
4.3.1.	Система теплопостачання.....	19
4.3.2.	Система опалення.....	19
4.3.3.	Система вентиляції.....	21
4.3.4.	Система електропостачання.....	22
4.3.5.	Система освітлення.....	22
4.3.6.	Електричне обладнання.....	23
5.	Енергоспоживання.....	24
5.1.	Вимірне енергоспоживання.....	24
5.2.	Базове енергоспоживання.....	27
6.	Потенціал енергетичної модернізації.....	29
7.	Заходи енергетичної модернізації будівлі.....	32
7.1.	Опис заходів з енергетичної з модернізації будівлі.....	36
8.	Енергетичний баланс будівлі.....	46
9.	Екологічні вигоди.....	50
10.	Впровадження.....	52
11.	Експлуатація і Обслуговування.....	55
12.	Енергетичний моніторинг.....	58
13.	Енергетичний паспорт будівлі (згідно ДБН В.2.6-31:2016).....	60
	ДОДАТКИ.....	69
	Додаток А. Звіт з обстеження системи вентиляції.....	70
	Додаток В. Звіт з обстеження системи електропостачання будівлі.....	72
	Додаток С. Звіт з обстеження системи освітлення будівлі.....	74
	Додаток D. Споживання енергоресурсів помісячно в період 2015-2017 рр.....	78
	Додаток Е. Прогноз тарифів до 2030 р.....	82

1. Резюме

Енергетичний аудит Таврійського державного агротехнологічного університету виконаний ТОВ ЕСКО «Центр Модернізації Будівель».

Виконання енергетичного аудиту має дві основні мети:

1. Виконати оцінку енергетичного стану будівлі, її інженерних систем, розробити енергетичний паспорт та підготувати основні дані для розробки енергетичного сертифікату будівлі.
2. Виконати технічну та економічну оцінку для 3-х варіантів (пакетів) енергетичної модернізації будівлі.

Завданням енергетичного аудиту є оцінка ефективності використання паливно–енергетичних ресурсів та розробка ефективних заходів з метою зниження теплоспоживання для переходу від газової котельні на потреби опалення на альтернативний вид палива, а саме котельню на пелетах.

Виконання робіт з енергетичної модернізації будівлі корпусу №2 дозволить суттєво зменшити витрати енергоресурсів та коштів на оплату комунальних послуг та значно покращити умови перебування людей в будівлі корпусу. Але, слід зазначити, що відмова від газової котельні у повному обсязі та перехід на пелетне опалення можливий тільки за умови виконання комплексу ремонтно-будівельних робіт, спрямованих на поліпшення теплотехнічних показників всіх будівель навчального комплексу університету.

Основні висновки щодо вихідного стану

Енергетична ефективність будівлі відповідає **класу Е** (згідно ДБН В.2.6-31:2016). На **рисунку 1** приведені класи енергетичної ефективності будівлі «до» та «після» реалізації заходів з енергетичної модернізації з урахуванням 3-х Пакетів.

Основні висновки щодо стану будівельних конструкцій та інженерних систем будівлі:

- Зовнішні стіни будівлі – в задовільному стані. Приведений опір теплопередачі **не відповідає** мінімально допустимому значенню згідно ДБН В 2.6-31.
- Віконні блоки: ПВХ – в задовільному стані; дерев'яні – в незадовільному стані. Приведений опір теплопередачі **не відповідає** мінімально допустимому значенню згідно ДБН В 2.6-31.
- Вхідні двері – в задовільному стані. Приведений опір теплопередачі **не відповідає** мінімально допустимому значенню згідно ДБН В 2.6-31.
- Дах будівлі – в незадовільному стані. Приведений опір теплопередачі **не відповідає** мінімально допустимому значенню згідно ДБН В 2.6-31.
- Підвал – в задовільному стані. Приведений опір теплопередачі перекриття **не відповідає** мінімально допустимому значенню згідно ДБН В 2.6-31.
- Внутрішня інженерна система опалення **не відповідає** нормативним вимогам ДБН В 2.5-67:2013. Характеризується недосконалою системою розподілу та відсутністю системи автоматичного управління тепловим режимом будівлі.
- Система гарячого водопостачання – відсутня.
- Стан витяжних вентиляційних агрегатів – **незадовільний**. В основних приміщеннях передбачена витяжна система вентиляції з природним спонуканням. Стан витяжної системи вентиляції – **незадовільний**.

- Система внутрішнього освітлення – в задовільному стані. Енергетична ефективність ламп освітлення відповідає **класу G** (лампи розжарювання) і **класу B** (люмінесцентні лампи). Рівень загального освітлення основних приміщень **не відповідає** нормативним показникам згідно ДБН В.2.5-28.

Більш детальний опис стану огорожувальних конструкцій та стану інженерних систем приведено у **Розділі 4**. Енергетичний паспорт будівлі відповідно до ДБН В.2.6.-31-2016 приведено у **Розділі 13**.

Варіанти енергетичної модернізації будівлі

В рамках енергетичного аудиту будівлі були визначені потенційні заходи з енергетичної модернізації будівлі та виконаний аналіз їх рентабельності. На основі рентабельних заходів сформовані три пакети енергетичної модернізації будівлі. Основні економічні показники пакетів представлені в **таблиці 1**. Детальна інформація представлена в **Розділах 6-7**.

Перелік та основні техніко-економічні показники рекомендованих заходів з енергетичної модернізації приведені в **таблицях 3, 4**. На **рисунку 2** приведена структура економії теплової енергії на потреби опалення «до» та «після» впровадження заходів з енергетичної модернізації будівлі за пакетами.

Таблиця 1. Основні показники пакетів енергетичної модернізації будівлі

Назва	Інвестиції		Річна економія енергоресурсів		Річна економія ¹		Зниження викидів CO ₂		Окупність (SPP) ² років	Показники рентабельності ³		
	тис. EUR	млн. грн*	МВт·год	%	тис. EUR	млн. грн*	т/рік	%		IRR %	NPV тис. EUR	NPVQ -
Пакет 1	253,0	8,3	687,8	42%	24,3	0,8	188,3	40%	10,4	7,3%	107,8	0,43
Пакет 2	479,6	15,8	1135,4	71%	39,6	1,3	310,8	67%	12,1	5,3%	105,2	0,22
Пакет 3	534,2	17,6	1162,4	73%	40,6	1,3	318,2	68%	13,2	4,3%	64,6	0,12

* Об'єм базової лінії в млн. грн. приведено довідково, основною валютою, прийнятою в розрахунку, є EUR

В якості основного варіанту енергоефективної модернізації будівлі рекомендується вибрати Пакет 2, який:

- відповідає нормативним вимогам ДБН В.2.6-31:2016 та ДБН В.2.5-67:2013;
- дозволяє **досягти класу А енергетичної ефективності будівлі** (ДБН В.2.6-31:2016);
- має прийнятні показники рентабельності.

Пакет 1 має кращі показники рентабельності та потребує меншого обсягу інвестицій, але не відповідає нормативним вимогам ДБН В.2.6-31:2016 та ДБН В.2.5-67:2013. Тому Пакет 1 можна розглядати лише як першу чергу енергетичної модернізації будівлі за Пакетом 2.

Рекомендований пакет характеризується:

- помірними капітальними витратами – 15,8 млн грн (еквівалент 479,6 тис. EUR);
- значним зниженням споживання теплової енергії газової котельні – на 939 Гкал/рік (74 %);
- зниженням споживання електроенергії – на 43,4 тис. кВт год/рік.

¹ Показник розрахований з урахуванням усереднених тарифів на енергоресурси за станом на 2017 р. Надалі передбачається зростання річної економії в грошовому еквіваленті за рахунок прогнозованого зростання тарифів на паливно-енергетичні ресурси.

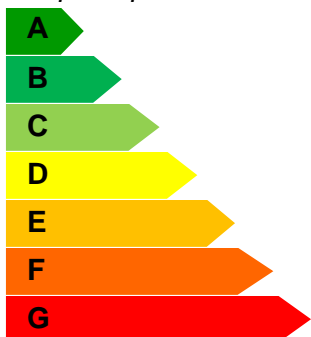
² Простий строк окупності з урахуванням тарифів на енергоресурси станом 01.12.2017 р.

³ Показники розраховані на основі: а) прогнозу зростання тарифів на енергоресурси (див. Додаток Е); б) реальної ставки дисконтування $r = 6\%$; в) горизонту планування 20 років. Похибка результатів розрахунку - в межах $\pm 15\%$.

Реалізація енергетичної модернізації будівлі згідно рекомендованого пакету дозволить:

- **знизити до 10,6 кВт год/м³ (28,5 кВт год/м²)** на рік енергопотребу будівлі на опалення та досягти **класу А** енергетичної ефективності будівлі (ДБН В.2.6-31:2016);
- **знизити в 3,85 раз** споживання теплової енергії на опалення будівлі;
- **знизити в 2,84 рази** споживання електроенергії на внутрішнє освітлення будівлі.

Рисунок 1. Класи енергетичної ефективності будівлі (відповідно до ДБН В.2.6-31:2016) «до» та «після» енергетичної модернізації будівлі

Клас енергетичної ефективності будівлі	Базовий показник до енергетичної модернізації	Показники після енергетичної модернізації будівлі		
		Пакет 1	Пакет 2	Пакет 3
<p><i>Енергоефективно</i></p>  <p><i>Не енергоефективно</i></p>				
	⬅ E	⬅ B	⬅ A	⬅ A

Таблиця 2. Питоме енергоспоживання «до» та «після» енергетичної модернізації будівлі

№ п/п	Стаття витрат енергії	Базове питоме енергоспоживання до енергетичної модернізації	Питоме енергоспоживання після енергетичної модернізації будівлі		
			Пакет 1	Пакет 2	Пакет 3
		кВт·год/м ² рік			
1	Опалення	121,7	73,9	28,5	25,8
2	Вентиляція (обігрів)	32,1	12,7	11,4	11,3
3	Освітлення	7,0	2,5	2,5	2,5
4	Інше електрообладнання	9,0	9,0	9,0	9,0
	Всього	169,8	98,1	51,4	48,6

Для виключення впливу кліматичних умов та інших впливових факторів, було розраховано базову енергопотребу на опалення за допомогою програмного комплексу «ENSI EAB Software», який базується на алгоритмі приведеному у ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 «Енергоефективність будинків. Розрахунок енергоспоживання на опалення та охолодження». Більш детально про базове енергоспоживання у **розділі 5.2**.

Структура економії теплової енергії на потреби опалення та електроенергії на потреби освітлення «до» та «після» енергетичної модернізації будівлі приведені на **рисунках 2 та 3**.

Рисунок 2. Структура економії теплової енергії на потреби опалення «до» та «після» енергетичної модернізації будівлі

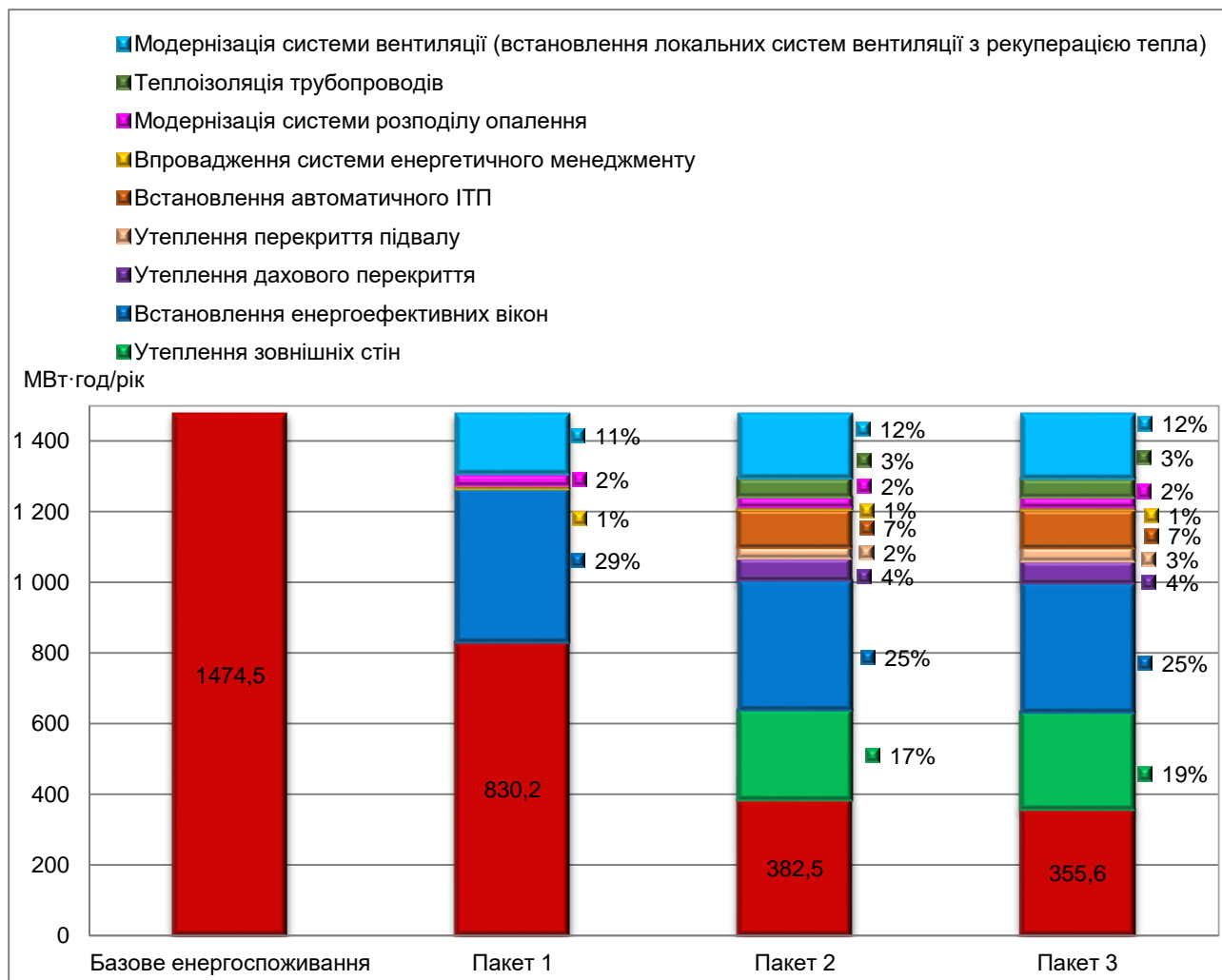
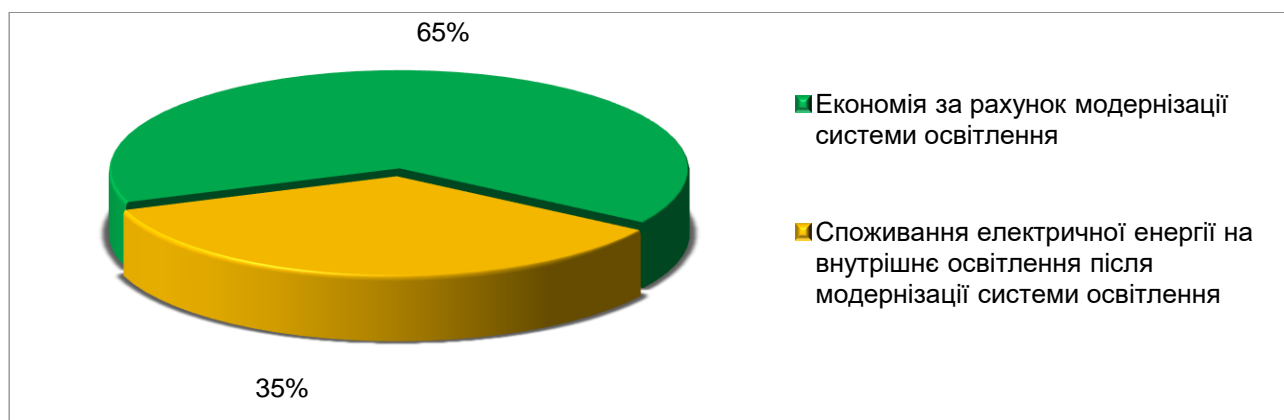


Рисунок 3. Структура економії електроенергії на потреби внутрішнього освітлення «до» та «після» енергетичної модернізації системи освітлення



В **Розділі 8** приведений енергетичний баланс будівлі «до» та «після» енергетичної модернізації будівлі для 3-х варіантів.

В **Розділі 9** виконано оцінку очікуваного обсягу скорочення викидів CO₂ для кожного пакету енергетичної модернізації будівлі. Потенціал скорочення викидів CO₂ від реалізації рекомендованого пакету – 310,8 тCO₂/рік.

Інвестиційні заходи

Таблиця 3. Пакети енергетичної модернізації будівлі

№	Найменування	Пакет 1	Пакет 2	Пакет 3
	Термомодернізація огорожувальних конструкцій			
1	Утеплення зовнішніх стін (120 мм)		✓	
2	Утеплення зовнішніх стін (200 мм)			✓
3	Встановлення енергоефективних склопакетів, вікон, вхідних дверей	✓	✓	✓
4	Утеплення дахового перекриття		✓	✓
5	Утеплення перекриття підвалу (120 мм)		✓	
6	Утеплення перекриття підвалу (200 мм)			✓
	Модернізація системи вентиляції			
7	Встановлення локальних пристроїв вентиляції з рекуперацією тепла	✓	✓	✓
	Модернізація системи опалення			
8	Гідравлічне балансування системи опалення, встановлення термостатів на опалювальних приладах	✓	✓	✓
9	Влаштування сучасної теплової ізоляції трубопроводів		✓	✓
10	Встановлення автоматичного індивідуального теплового пункту (ІТП)		✓	✓
	Модернізація системи освітлення			
11	Модернізація системи внутрішнього освітлення	✓	✓	✓
	Енергоменеджмент			
12	Впровадження системи енергетичного менеджменту	✓	✓	✓

Таблиця 4. Показники рекомендованих заходів з енергетичної модернізації будівлі

№	Найменування	Інвестиції ⁴		Річна економія ⁵			Окупність (SPP) ⁶ років	NPV ⁷ -
		тис. грн	тис. EUR	МВт·год	тис. грн	тис. EUR		
1	Теплоізоляція зовнішніх стін	3 779	114,8	255,7	286	8,7	13,2	54,7
2	Встановлення ЕЕ вікон/склопакетів і дверей	4 772	145,0	367,7	389	11,8	12,3	85,5
3	Теплоізоляція дахового перекриття	1 912	58,1	61,6	70	2,1	27,4	-16,7
4	Утеплення перекриття підвалу	1 422	43,2	31,6	35	1,1	40,3	-24,6
5	Встановлення локальних рекуператорів	2 579	78,3	181,3	176	5,3	14,7	0,8
6	Гідравлічне балансування системи опалення, встановлення термостатів на опалювальних приладах	582	17,7	28,0	31	0,9	18,6	-1,2
7	Влаштування сучасної теплової ізоляції трубопроводів	116	3,5	50,4	57	1,7	2	17,1

⁴ Обсяг інвестицій приведений по цінам на момент розрахунку (станом на 14.02.2018 р.), з урахуванням офіційного курсу валют НБУ – 32,92 грн/EUR

⁵ Потенціал річної економії теплової енергії на опалення (в натуральних показниках) розрахований з використанням програмного забезпечення ENSI EAB Software (Норвегія). Для того щоб фактичний обсяг економії енергоресурсів та коштів не відрізнявся від розрахункового значення, рекомендується реалізовувати всі заходи комплексно (одним проектом). Економія в грошовому виразі розрахована на основі усереднених тарифів станом 2017 р. (при 32,92 грн/EUR).

⁶ Простий строк окупності з урахуванням усереднених тарифів на енергоресурси станом 2017 р.

⁷ Показники розраховані на основі: а) прогнозу зростання тарифів на енергоресурси (див. Додаток Е); б) реальної ставки дисконтування $r = 6\%$; в) горизонту планування 20 років. Похибка результатів розрахунку - в межах $\pm 15\%$.

№	Найменування	Інвестиції ⁴		Річна економія ⁵			Окупність (SPP) ⁶	NPV ⁷
		тис. грн	тис. EUR	МВт·год	тис. грн	тис. EUR	років	-
8	Встановлення автоматичного ІТП	232	7,0	106,0	120	3,7	1,9	56,4
9	Встановлення світлодіодних ламп	265	8,0	43,4	128	3,9	2,1	59,4
10	Впровадження системи енергоменеджменту	131	4,0	9,7	11	0,3	12,3	1,6
	Всього	15 788	479,6	1135,4	1304	39,6	12,1	105,2

Маловитратні заходи

З метою підтримки постійної економії коштів від впровадження енергоефективних заходів, рекомендується впровадити дієву систему управління та моніторингу енергоспоживання на основі ET-кривої. Для забезпечення належного рівня експлуатації будівлі пропонується розробити та поширити серед працівників закладу інструкцію з обслуговування енергоспоживаючого обладнання, будівельних та інженерних систем. Крім того, важливо проводити систематичні навчання працівників та користувачів закладу для неперервного покращення культури використання енергоресурсів та води. Більш детальна інформація приведена в розділах 12-13.

Для виконання таких маловитратних заходів рекомендується щорічно планувати необхідні кошти в міському бюджеті.

Впровадження проекту

Очікується, що впровадження проекту може розпочатися орієнтовно в липні 2018 р. (прийняття політичного рішення) та завершитись орієнтовно в лютому 2020 р. (перевірка якості робіт, прийняття об'єкту в експлуатацію). **Орієнтовний початок будівельно-монтажних робіт – березень-квітень 2019 р.** (детальніше в розділі 10).

Фінансування проекту

Так як джерела фінансування проектів енергетичної модернізації будівлі на час проведення енергетичного аудиту не були визначені, пропонується розглянути можливість залучення коштів державного бюджету, або позикових коштів міжнародних фінансових організацій (МФО). Наразі в Україні оперують EIB, NEFCO, KfW, EBRD тощо.

(Демонстраційна скорочена версія звіту)