

# Энергоэффективность в муниципалитетах III

Выявление малозатратных мероприятий по повышению энергоэффективности общественных зданий I

02 – 06 июля 2018 року, Київ, Україна, Владимир Усиевич

У співпраці з:



giz

1. Общие сведения о модернизируемом здании (case study)
2. Варианты модернизации
3. Энергобаланс и показатели модернизации
4. Состав затрат и заключительные соображения

# 1. Общие сведения о модернизируемом здании (case study)

## Общие характеристики здания

Объект – школа на 1200 учеников

- Отапливаемая площадь 5 617 м<sup>2</sup>
- Отапливаемый объем 180 131 м<sup>3</sup>
- Объем, предназначенный для вентиляции 180 131 м<sup>3</sup>
- Общая площадь наружных ограждающих конструкций здания 8 617 м<sup>2</sup>
- Коэффициент остекления фасадов дома 0,39

Показатель	Тип оконного блока			Итого
	Одинарный оконный блок с однокамерным стеклопакетом и ПВХ профилем	Одинарный оконный блок с двойным стеклопакетом и ПВХ профилем	Спаренный оконный блок с двойным остеклением, деревянная рама	
Количество, шт.	93	4	84	181
Площадь, кв.м	696	98	528	1 322

Source: KPC

- **Вариант 1** предусматривает выполнение минимальных требований текущих украинских норм по энергетической эффективности существующих зданий, которые являются объектом термомодернизации (для достижения класса энергоэффективности - C).
- **Вариант 2** предусматривает глубокую энергетическую модернизацию здания, которая позволит превысить на 20-30% установленные текущие минимальные требования по энергетической эффективности зданий (для достижения класса энергоэффективности - A).
- **Вариант 3** предусматривает более глубокую энергетическую модернизацию здания (согласно варианту 2) с переходом на возобновляемые источники теплоснабжения - тепловые насосы, что соответствует Стратегии Европейского Союза по отоплению и охлаждению. Это позволит достичь европейского стандарта энергоэффективности зданий nZEB (здание с близким к нулевому уровню потребления энергии - 15 ... 25 кВт.ч/м<sup>2</sup> в год, что ниже в 2-3 раза значения для зданий с энергоэффективностью класса A).

№	Потребители энергии	Базовое потребление энергии	Расчетное удельное потребление после реновации		
			Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
кВт.ч/м <sup>2</sup> /год					
1.	Отопление и вентиляция (отопление)	233,1	93,3	54,8	15,6
2.	Горячее водоснабжение	0,1	0,1	0,1	0,1
3.	Кондиционирование	-	-	-	-
4.	Вентиляция и насосы		0,3	0,3	0,3
5.	Освещение	3,0	1,6	1,6	1,6
6.	Прочее оборудование	28,8	21,0	21,0	21,0
	Всего	264,9	116,2	77,7	38,6

Source: KPC

## 2. Варианты модернизации

№	Название	Option 1	Option 2	Option 3
<b>Мероприятия по модернизации оболочки зданий</b>				
1.	Тепловая изоляция внешних стен (минеральная вата, 100 mm)	✓		
	Тепловая изоляция внешних стен (минеральная вата, 200 mm)		✓	✓
2.	Замена деревянных окон (uPVC окна, $U = 1.67 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$ ) и дверей	✓		
	Замена деревянных окон, установка стеклопакетов в существующие uPVC окна ( $U = 0.8 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$ ) и двери		✓	✓
3.	Тепловая изоляция крышного перекрытия (минеральная вата, 170 mm)	✓		
	Тепловая изоляция крышного перекрытия (минеральная вата, 220 mm)		✓	✓
4.	Тепловая изоляция перекрытия перехода	✓		
	Тепловая изоляция потолка подвального помещения и перекрытия перехода		✓	✓
<b>Мероприятия по модернизации вентиляционной системы</b>				
5.	Установка местной вентиляции с утилизацией сбросного тепла	✓	✓	✓
<b>Мероприятия в системе теплоснабжения</b>				
6.	Частичная реконструкция внутридомовой системы теплоснабжения	✓		
7.	Полная реконструкция внутридомовой системы теплоснабжения		✓	
8.	Установка тепловых насосов для отопления			✓
<b>Мероприятия в системе освещения</b>				
9.	Установка ламп LED	✓	✓	✓
<b>Энергоменеджмент</b>				
10.	Внедрение системы энергоменеджмента	✓	✓	✓

# Расчетные результаты реализации трех вариантов модернизации

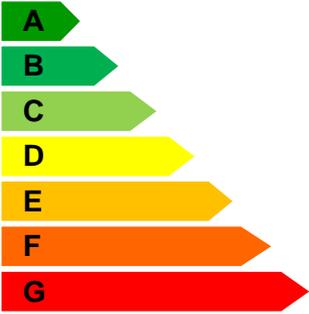
№	Название показателя	Ед. измерения	Option 1	Option 2	Option 3
1.	Суммарные инвестиции, включая НДС	thou. EUR	250,0	<b>434,8</b>	493,7
		thou. UAH	8 176,2	<b>14 219,1</b>	16 143,1
2.	Чистая экономия энергии, всего в т.ч.:	MWh/a	600,9	<b>858,5</b>	1 045,4
		%	52,2%	<b>74,6%</b>	90,8%
3.	- тепловая энергия (ЦО)	MWh/a	595,3	<b>852,9</b>	1 115,3
		%	53,4%	<b>76,5%</b>	100,0%
4.	- электроэнергия	MWh/a	5,6	<b>5,6</b>	-70,0
		%	15,5%	<b>15,5%</b>	-194,8%
5.	Чистая экономия затрат	thou. EUR	27,1	<b>39,2</b>	44,6
		thou. UAH	887,7	<b>1 281,4</b>	1 459,3
6.	Снижение парниковых выбросов	tCO <sub>2</sub> /a	153,5	<b>217,8</b>	214,3
		%	49,7%	<b>70,6%</b>	69,4%
<b>Показатели экономической эффективности</b>					
7.	Дисконтированный срок окупаемости (DPP)	years	10,9	<b>13,5</b>	13,5
8.	Внутренняя норма доходности (IRR)	%	8,4%	<b>6,0%</b>	6,1%
9.	Чистый приведенный доход (NPV)	thou. EUR	448,4	<b>512,6</b>	607,2
10.	Net present value of quotient (NPVQ)	-	1,79	<b>1,18</b>	1,23

Source: KPC

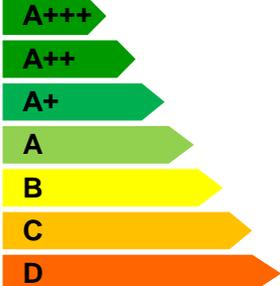
## Параметры предпочтительного варианта

- В качестве основного варианта энергоэффективной модернизации здания рекомендуется рассмотреть Вариант 2, который:
  - соответствует нормативным требованиям ДБН В.2.6-31: 2016 и ДБН 2.5-67: 2013;
  - позволяет достичь высокого класса энергетической эффективности здания;
  - имеет приемлемые показатели рентабельности.
- Рекомендуемый вариант характеризуется:
  - умеренными капитальными затратами – 14 200 000 грн (эквивалент 434.8 тыс. EUR);
  - значительным снижением потребления тепловой энергии - на 733,4 Гкал / год (76,5%);
  - снижением потребления электроэнергии - на 5,6 тыс. кВт ч / год (15,5%).
- Реализация энергетической модернизации здания согласно рекомендованного варианта позволит:
  - снизить до 14,6 кВт ч / м<sup>3</sup> (47,1 кВт ч/м<sup>2</sup>) в год энергопотребностей на отопление и ГВС, и достичь класса энергетической эффективности здания (ДБН В.2.6-31: 2016)
  - снизить в 4,3 раза потребления тепловой энергии на отопление здания;
  - снизить в 2,4 раза потребление электроэнергии на внутреннее освещение здания.

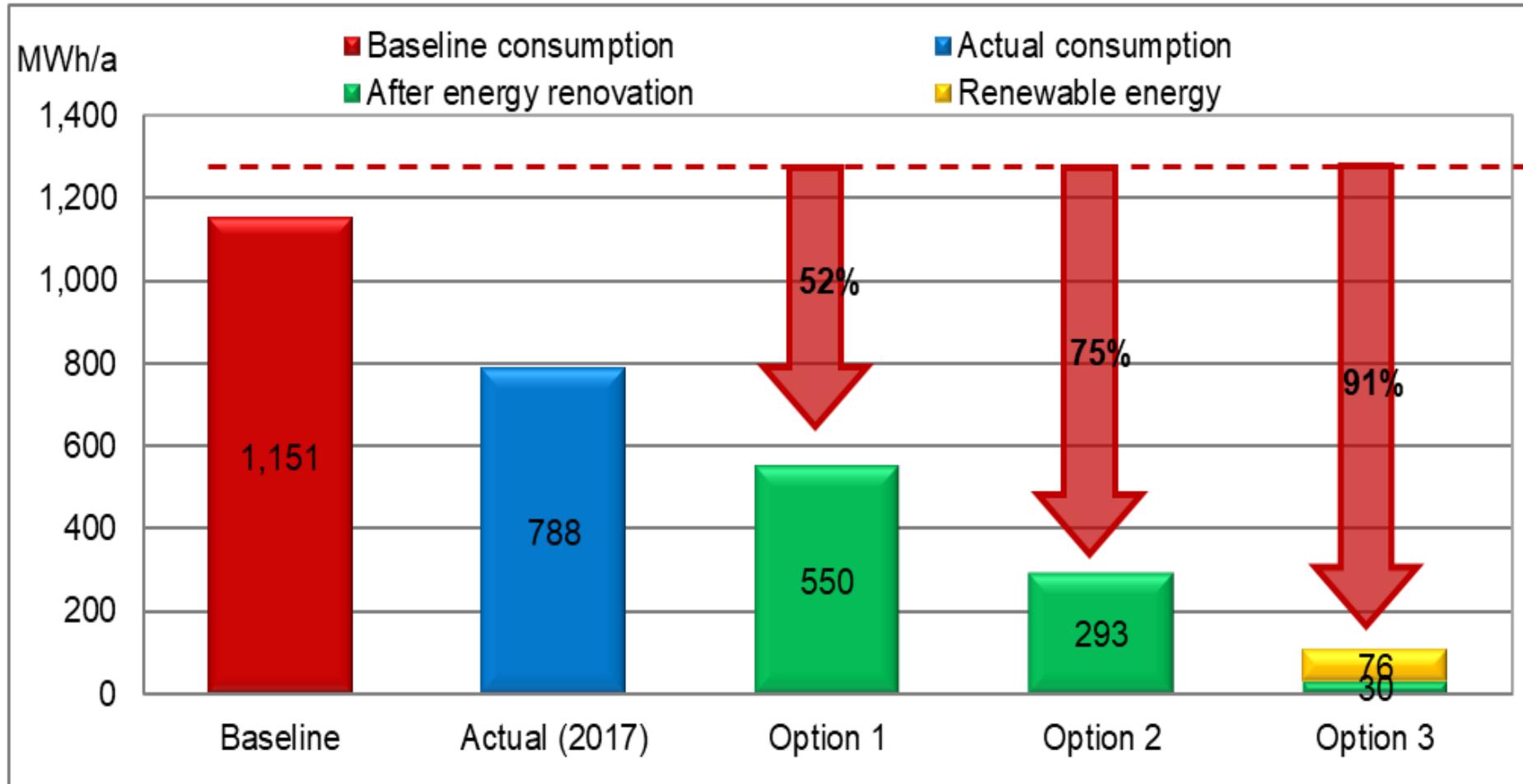
- Класс энергоэффективности здания (ограждающие конструкции) (в соответствии с DBN V.2.6-31:2016) до и после реновации

Range of energy efficiency classes for building	Current energy efficiency class (norm baseline)	Expected energy efficiency class after energy renovation of the building		
		Option 1	Option 2	Option 3
<p><i>More energy efficient</i></p>  <p><i>Less energy efficient</i></p>	G	C	B	B

- Класс энергоэффективности систем отопления (в соответствии со стратегией ЕС по отоплению и охлаждению) до и после модернизации

Range of energy efficiency classes for space heaters	Current energy efficiency class	Expected energy efficiency class after energy renovation of the building		
		Option 1	Option 2	Option 3
<p><i>More energy efficient</i></p>  <p><i>Less energy efficient</i></p>	C	C	C	A++

# Потенциал снижения потребления энергии по сравнению с фактом и базовым потреблением



Source: KPC

# Структура потребления ТЭР



Source: KPC

# Структура затрат на ТЭР



Source: KPC

## Погодные показатели отопительных периодов

- Удельное потребление тепловой энергии на нужды отопления от централизованного теплоснабжения за последние 3 года, в зависимости от температуры наружного воздуха, продолжительности отопительного периода и внутренних температур в помещениях колеблется в пределах 127 - 138 кВт · ч / м<sup>2</sup> (эквивалент 39 - 43 кВт · ч / м<sup>3</sup>).

№	Найменування	Од. вим.	2015	2016	2017
1	Середня фактична температура в опалювальний період	°C	+1,1	+1,1	+1,1
	- січень	°C	-0,2	-4,8	-5,0
	- лютий	°C	-0,8	+2,6	-3,0
	- березень	°C	+4,6	+4,0	+6,1
	- квітень	°C	+8,4	+11,8	+11,6
	- жовтень	°C	+7,0	+10,6	+8,1
	- листопад	°C	+4,2	+1,1	+3,6
	- грудень	°C	+2,0	-1,4	+1,8
2	Нормативна температура внутрішнього середовища	°C	+21	+21	+21
3	Кількість діб опалювального періоду	діб	183	174	186
4	Кількість діб без опалення в опалювальний період	діб	0	0	0
5	Кількість градусодіб опалювального періоду (HDD)	°C-діб	3 635	3 456	3 696

Source: KPC

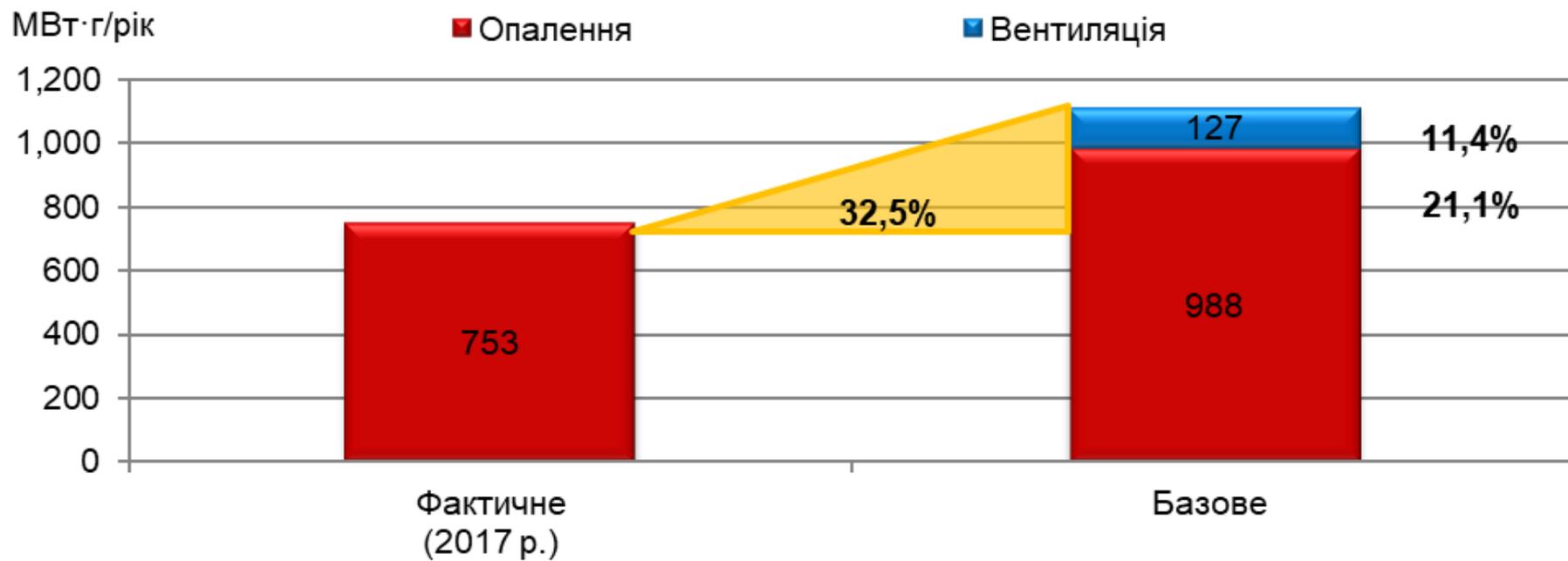
- Температура наружного воздуха

Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Нормативна середня температура за місяць, °C	-5,1	-4,0	0,4	7,9	14,0	17,1	18,5	17,7	13,0	7,4	1,7	-2,8

- Нормативные климатические показатели по ГОСТ-НБВ.1.1-27: 2010

№	Найменування	Показники
1	Розрахункова температура зовнішнього повітря	-21°C
2	Середня температура за опалювальний період	-0,2°C
3	Кількість діб опалювального періоду	184 діб
4	Нормативна температура в приміщенні	+21°C
5	Кількість градусодіб опалювального періоду	3 901°C-діб

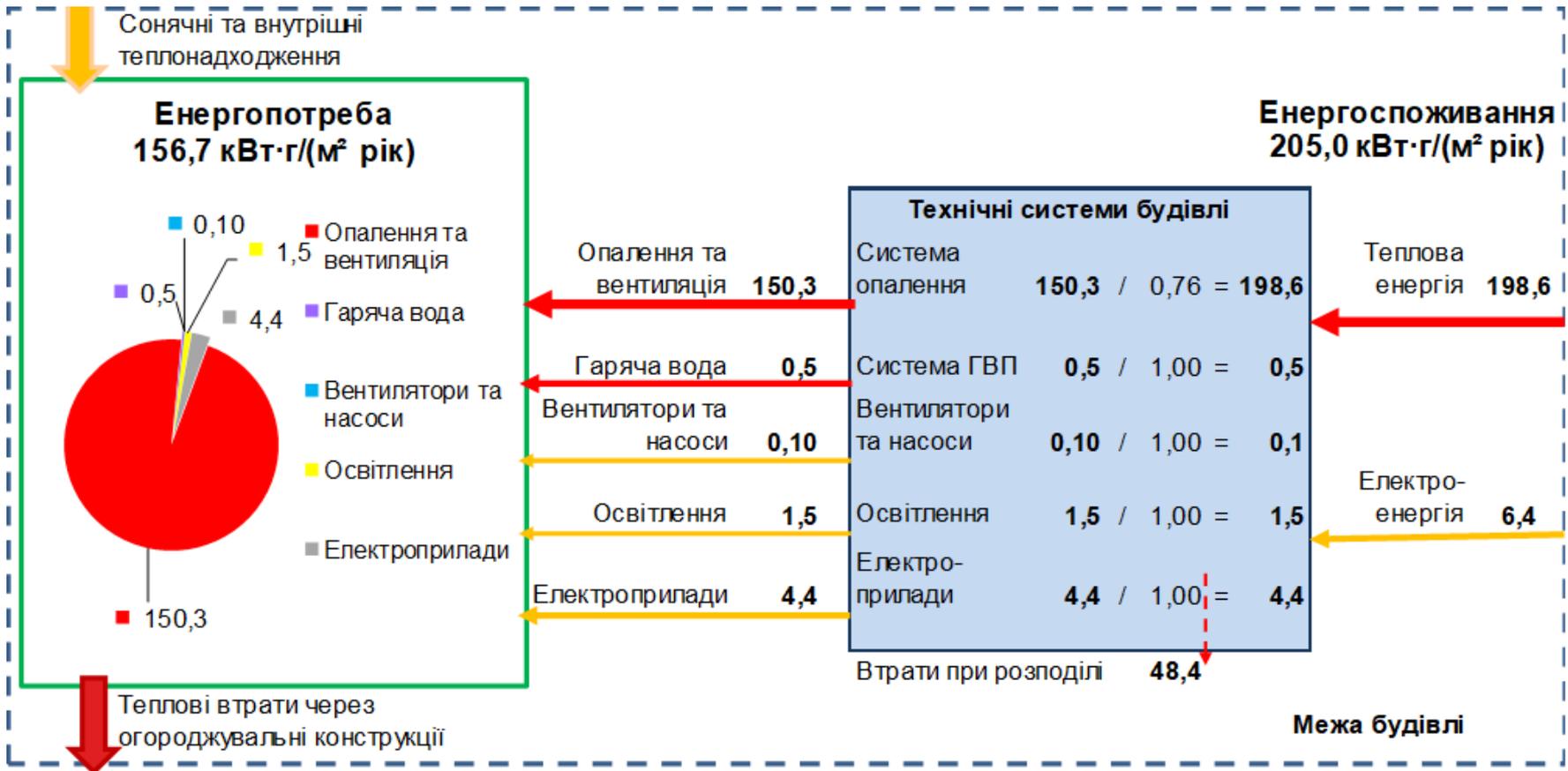
# Структура фактического и базового потребления тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания



- Фактическое количество градусо-дней отопительного периода в 2017 году была меньше нормативного количества на 205°С-суток.
- Система отопления - разбалансирована, в некоторых помещениях температура воздуха ниже нормативного значения, что приводит к снижению потребления тепловой энергии на отопление. При повышении температуры в помещениях до нормативного значения, базовое потребление тепловой энергии увеличится по сравнению с фактическим значением.
- В основных помещениях здания предусмотрена вытяжная система вентиляции с естественным побуждением. Система не работает должным образом, потому что герметичные ПВХ окна вызывают снижение уровня воздухообмена, что приводит к снижению потребления тепловой энергии на компенсацию теплопотерь через вентиляцию. При повышении уровня воздухообмена к нормативному значению, базовое потребление тепловой энергии увеличится по сравнению с фактическим значением.

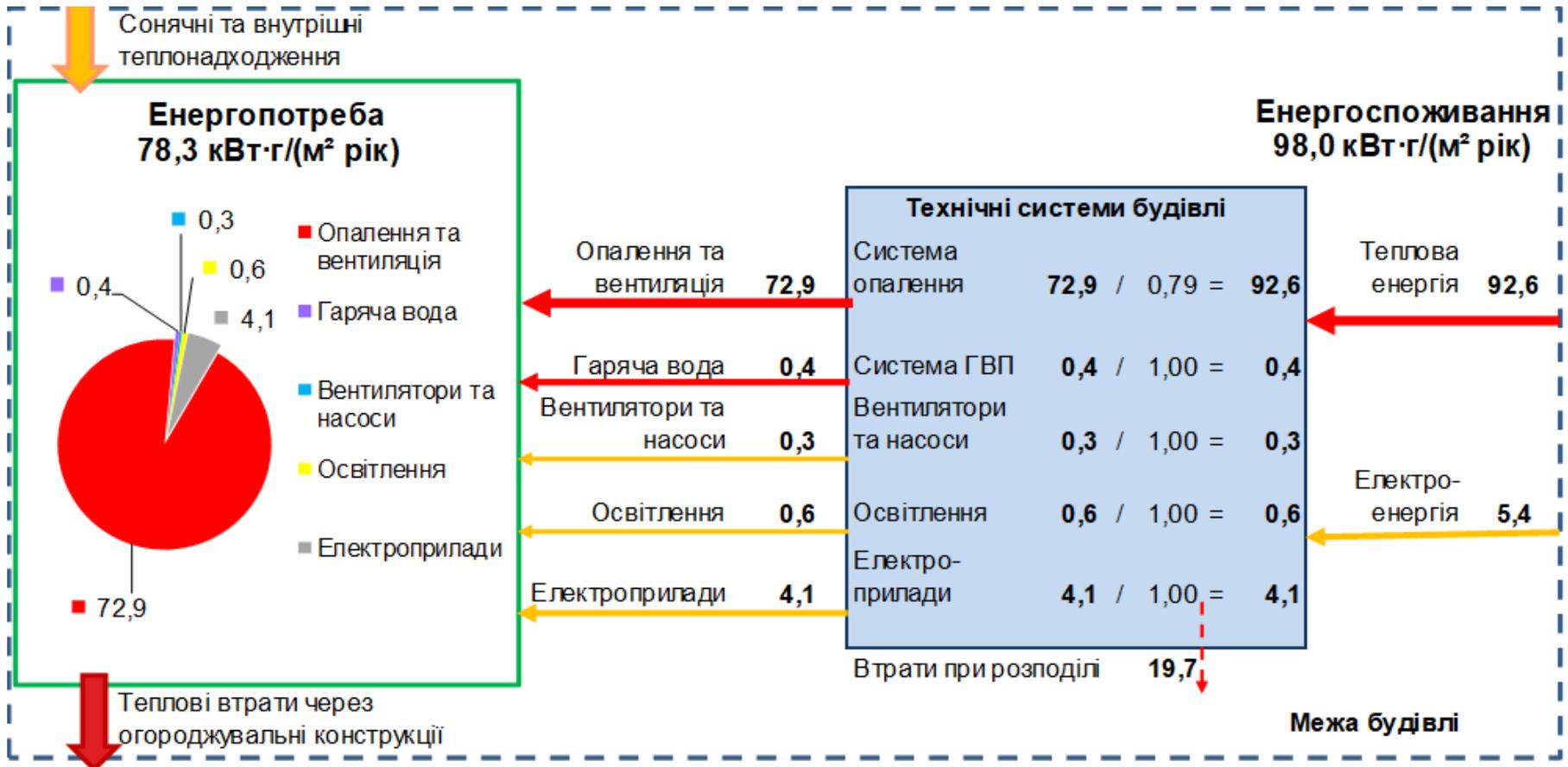
### **3. Энергобаланс и показатели модернизации**

# Енергобаланс здания (базовое потребление)



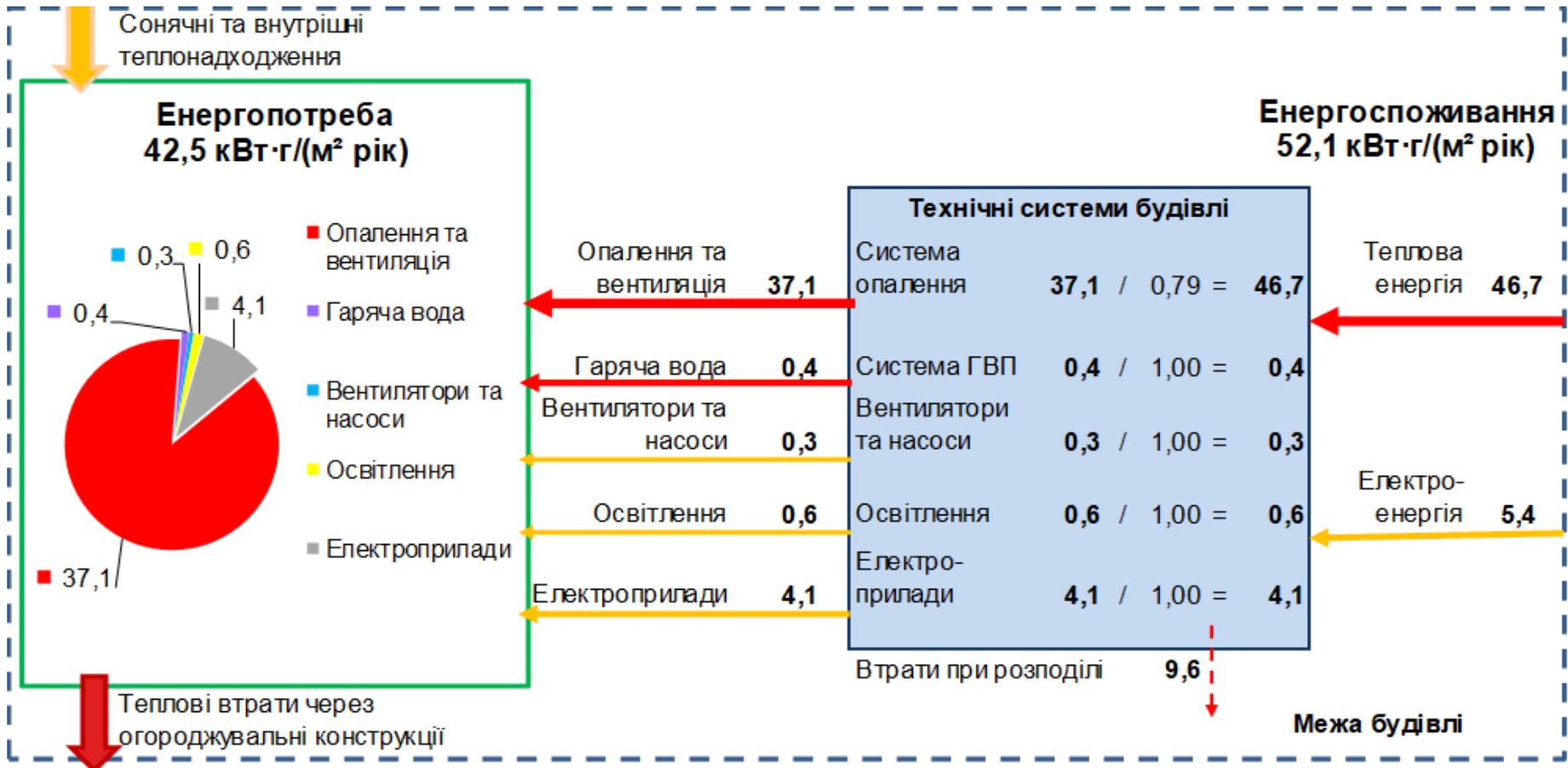
Source: KPC

# Енергобаланс здания после модернизации по первому варианту



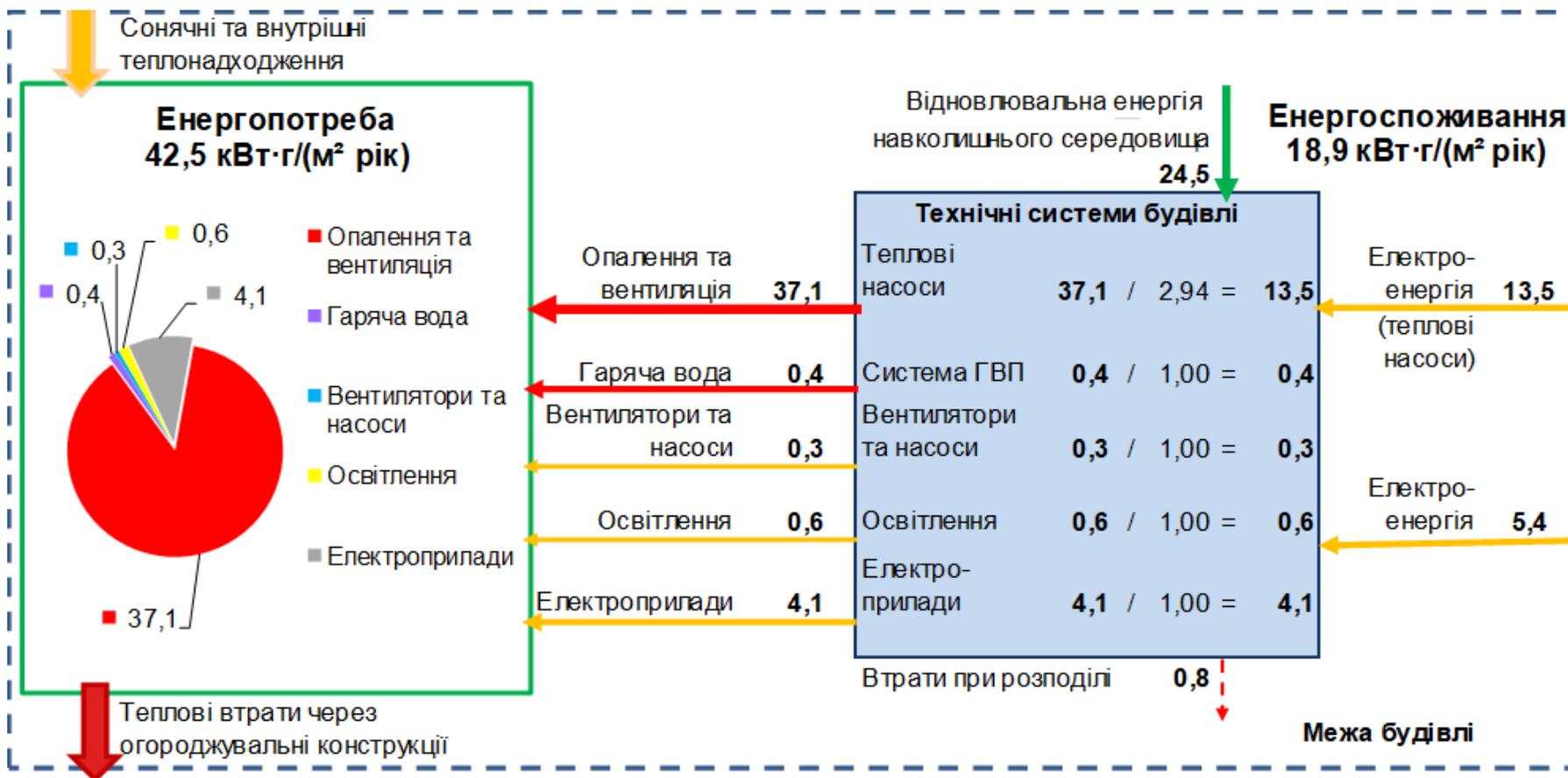
Source: KPC

# Енергобаланс здания после модернизации по второму варианту



Source: KPC

# Енергобаланс здания после модернизации по третьему варианту



Source: KPC

# Показатели модернизации здания по Варианту 1

№	Найменування	Інвестиції,		Річна економія			Показники економічної ефективності			
		з ПДВ		МВт·год	тис. грн	тис. EUR	DPP	IRR	NPV	NPVQ
		тис. грн	тис. EUR						років	%
	<b>Термомодернізація огорожувальних конструкцій</b>									
1	Теплоізоляція зовнішніх стін (100 мм)	3 012	92,1	187,5	279,2	8,5	13,0	6,9%	138,1	1,50
2	Заміна дерев'яних вікон і дверей (R=0,6 м <sup>2</sup> ·K/Вт)	1 195	36,6	79,9	121,5	3,7	11,7	8,0%	64,6	1,77
3	Теплоізоляція дахового перекриття (170 мм)	2 486	76,0	179,9	255,3	7,8	11,5	8,1%	136,8	1,80
4	<b>Теплоізоляція перекриття над проїздом</b>	234	7,1	17,3	20,0	0,6	14,3	6,1%	9,2	1,28
	<b>Модернізація системи вентиляції</b>									
5	Встановлення локальних рекуператорів	794	24,3	83,5	121,4	3,7	7,3	12,4%	56,8	2,34
	<b>Модернізація системи опалення</b>									
6	<b>Часткова модернізація внутрішньої системи опалення</b>	236	7,2	36,9	55,8	1,7	4,5	21,7%	34,7	4,81
	<b>Модернізація системи освітлення</b>									
7	Встановлення світлодіодних ламп/світильників	139	4,3	4,8	19,9	0,6	7,9	9,9%	4,3	1,02
	<b>Енергоменеджмент</b>									
8	Впровадження системи енергоменеджменту	80	2,5	11,0	14,8	0,5	5,9	11,3%	4,0	1,62
	<b>Всього</b>	8 176	250,0	600,9	887,7	27,1	10,9	8,4%	448,4	1,79

Source: KPC

# Показатели модернизации здания по Варианту 2

№	Найменування	Інвестиції, з ПДВ		Річна економія			Показники економічної ефективності			
		тис. грн	тис. EUR	МВт·год	тис. грн	тис. EUR	DPP років	IRR %	NPV тис. EUR	NPVQ -
<b>Термомодернізація огорожувальних конструкцій</b>										
1	Теплоізоляція зовнішніх стін (200 мм)	3 888	118,9	225,7	337,7	10,3	14,0	6,2%	157,3	1,32
2	Заміна дерев'яних вікон, склопакетів і дверей (R=1,25 м <sup>2</sup> ·K/Вт)	2 690	82,3	247,9	378,5	11,6	8,0	12,3%	241,8	2,94
3	Теплоізоляція дахового перекриття (220 мм)	2 915	89,1	186,5	265,3	8,1	13,3	6,7%	129,1	1,45
4	Теплоізоляція перекриття підвалу та над проїздом	1 515	46,3	56,6	80,1	2,4	24,3	1,7%	14,0	0,30
<b>Модернізація системи вентиляції</b>										
5	Встановлення локальних рекуператорів	794	24,3	84,0	122,1	3,7	7,3	12,5%	57,5	2,37
<b>Модернізація системи опалення</b>										
6	Комплексна модернізація внутрішньої системи опалення	2 198	67,2	42,0	63,2	1,9	>30	0%	-95,4	-1,42
<b>Модернізація системи освітлення</b>										
7	Встановлення світлодіодних ламп/світильників	139	4,3	4,8	19,9	0,6	7,9	9,9%	4,3	1,02
<b>Енергоменеджмент</b>										
8	Впровадження системи енергоменеджменту	80	2,5	11,0	14,8	0,5	6,0	11,2%	3,9	1,60
<b>Всього</b>		14 219	434,8	858,5	1 281,4	39,2	13,5	6,0%	512,6	1,18

Source: KPC

# Показатели модернизации здания по Варианту 3

№	Найменування	Інвестиції,		Річна економія			Показники економічної ефективності			
		з ПДВ					DPP	IRR	NPV	NPVQ
		тис. грн	тис. EUR	МВт·год	тис. грн	тис. EUR	років	%	тис. EUR	-
<b>Термомодернізація огорожувальних конструкцій</b>										
1	Теплоізоляція зовнішніх стін (200 мм)	3 888	118,9	195,0	290,6	8,9	16,7	4,7%	114,1	0,96
2	Заміна дерев'яних вікон, склопакетів і дверей (R=1,25 м²·К/Вт)	2 690	82,3	214,1	326,8	10,0	9,5	10,2%	194,3	2,36
3	Теплоізоляція дахового перекриття (220 мм)	2 915	89,1	161,1	226,4	6,9	16,0	5,1%	93,4	1,05
4	Теплоізоляція перекриття підвалу та над проїздом	1 515	46,3	48,9	68,3	2,1	28,5	0,4%	3,2	0,07
<b>Модернізація системи вентиляції</b>										
5	Встановлення локальних рекуператорів	794	24,3	84,0	122,1	3,7	7,3	12,5%	57,5	2,37
<b>Модернізація системи опалення</b>										
6	Встановлення теплових насосів для опалення	4 122	126,9	327,9	392,5	12,0	12,6	5,7%	138,1	1,10
<b>Модернізація системи освітлення</b>										
8	Встановлення світлодіодних ламп/світильників	139	4,3	4,8	19,9	0,6	7,9	9,9%	4,3	1,02
<b>Енергоменеджмент</b>										
9	Впровадження системи енергоменеджменту	80	2,5	9,7	12,8	0,4	7,0	7,2%	2,2	0,88
<b>Всього</b>		16 143	493,7	1 045,4	1 459,3	44,6	13,5	6,1%	607,2	1,23

Source: KPC

## 4. Состав затрат и заключительные соображения

- Объем инвестиций в энергетическую модернизацию здания включает:
  - расходы на проектные работы;
  - расходы на материалы, конструкции, оборудование и комплектующие;
  - расходы на строительные, монтажные и пуско-наладочные работы;
  - расходы на управление проектом энергетической модернизации;
  - другие непредвиденные расходы.
- Страхование для разных этапов реализации проекта

## Дополнительные малозатратные мероприятия

- Дополнительно рекомендуется выполнять малозатратные мероприятия на постоянной основе:
  - проведение ежедневного мониторинга потребления энергии, основанное на определяющих факторах (температура наружного воздуха, температура внутри помещения), с последующим сравнением месячных и годовых показателей с другими зданиями (т.н. метод «бенчмаркинга»);
  - проведение обучения работников и пользователей заведения с целью непрерывного повышения их осведомленности в вопросах энерго- и ресурсосбережения, а также повышение культуры потребления;
  - выполнение инструкций по надлежащей эксплуатации энергопотребляющего оборудования, строительных и инженерных систем.

- Кроме того, рекомендуется выполнить дополнительные мероприятия, улучшающие эксплуатационные характеристики здания, но не окупаются с точки зрения экономии энергии:
  - проведение ремонта трещин и устранения дефектов стен фасада;
  - восстановление гидроизоляции покрытия крыши над бассейном;
  - замена трубопроводов канализации с применением полимерных труб;
  - замена запорной арматуры на стояках систем отопления и ХВС;
  - прочистка и герметизация вентиляционных каналов и шахт, замену декоративных вентиляционных решеток на имеющие устройства регулирования;
  - проверка соответствия предохранителей и площади сечения электрических проводников установленной мощности электрооборудования и, в случае несоответствия их замену;
- **Расходы на капитальные ремонты и дополнительные восстановительные мероприятия не включены в объем инвестиций в энергетическую модернизацию здания.**

# Дякую!

**Владимир Усиевич**

**Академія з питань відновлювальної енергії  
(RENAC)**

Schönhauser Allee 10-11  
D-10119 Berlin

Tel: +49 30 52 689 58-85

Fax: +49 30 52 689 58-99

info@renac.de



У співпраці з:

