



ГО «ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АЛЬЯНС»

Фактична адреса:
вул. Коцюбинського, 1, офіс 32,
м. Дніпро, 49000, Україна,
код ЄДРПОУ 36441604
тел. +34683118671 (viber, whatsapp);
+380 50 6034099 (viber);
E-mail: anatologykaraul@gmail.com
Сайт: www.e-a.org.ua

**БІЗНЕС ПЛАН НА ВИКОНАННЯ
ПІЛОТНОГО ПРОЄКТУ
ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬ 5 ШКІЛ
М.СВІТЛОВОДСЬК КІРОВОГРАДСЬКОЇ ОБЛАСТІ
ТА 1 ШКОЛИ СИНЕЛЬНИКОВЕ,
ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ УКРАЇНИ
ЩОДО ВИКОНАННЯ ПРОГРАМИ «ІНІЦІАТИВА».**

**Застосування європейських мало бюджетних технологій
термомодернізації будівель з комплексним використанням
енергетичних ресурсів альтернативних джерел енергії для
вирішення завдань підвищення енергоефективності
Регіонів України.**

**Всього передбачається термомодернізувати за
Програмою 1860 будівель і об'єктів на 475 млн. €**

2021 р.



"Будинок у Корнелл Тех" - 26-поверховий 83- метровий будинок у Нью-Йорку, спроектований Handel Architects. Це перша в світі житлова будівля-вежа, яка отримала сертифікацію Пасивного Будинку

"The House at Cornell Tech" is a 26-story, 270-foot-tall building in New York City, designed by Handel Architects. It is the world's first high-rise residential building to earn Passive House certification.

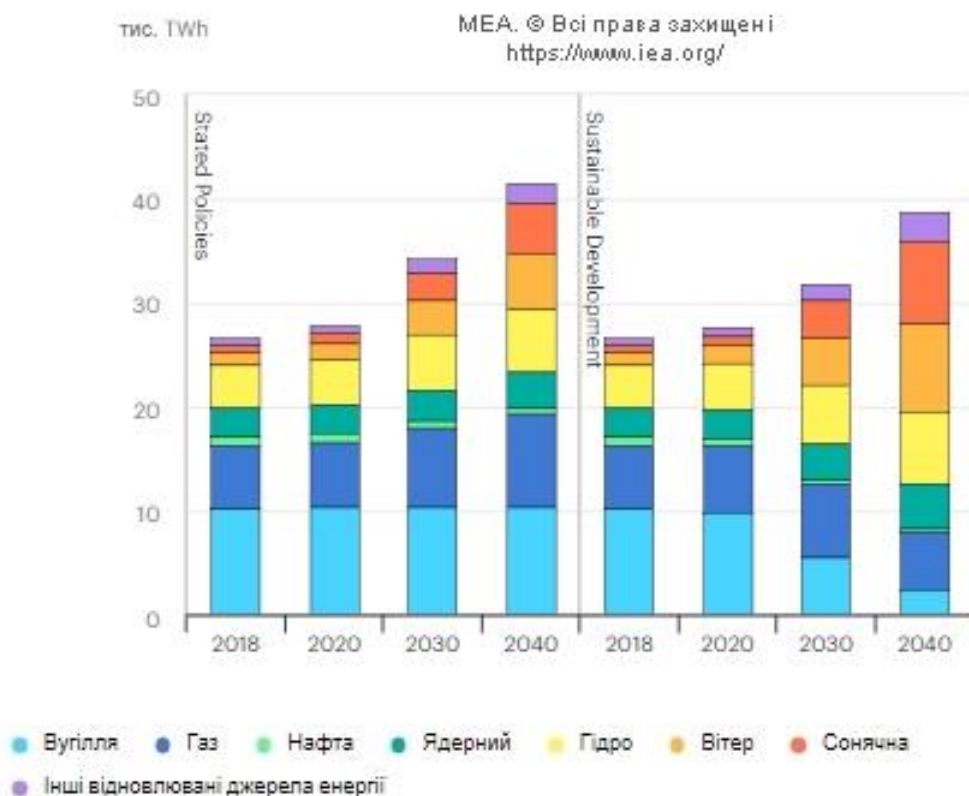
Фото: ©Field Condition

ВСТУП

«Світ повинен терміново зосередити увагу на зменшенні викидів CO₂ в світі. Це вимагає створення грандіозної коаліції, яка охоплює уряди, інвесторів, компанії та всіх інших, хто прагне боротися зі змінами клімату»

Д-р Фатих Біроль, виконавчий директор MEA, World Energy Outlook, 2019

Виробництво електроенергії за паливом та сценарієм, 2018-2040



Джерело: © <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/electricity>

«Європейська Зелена Угода - це наша нова стратегія зростання. Вона допоможе нам скоротити викиди, створюючи робочі місця»

*Урсула фон дер Лейен,
президент Європейської комісії*

1. Резюме проєкта

Виконання трьох розділів програми «Ініціатива» вирішує проблеми енергоефективності в Регіоні (громада) України.

ГО «Енергетичний Альянс» - це платформа, на якій перетинаються інтереси промислових підприємств, виробників - постачальників енергозберігаючих технологій, вчених, енергоаудиторів, міжнародних фінансових організацій для вирішення завдань щодо впровадження енергозберігаючих технологій та фінансування таких робіт. Головна мета ГО «Енергетичний альянс»: сприяння створенню потужної системи енергетичної безпеки України шляхом широкого впровадження в промисловості та житлово-комунальному комплексі країни енергозберігаючих технологій. (www.e-a.org.ua).

Організація «Енергетичний Альянс» (ПП «Стандарт- С») – розробник Програми «Ініціатива».

Програма «Ініціатива» - це комплексне застосування європейських мало бюджетних технологій термомодернізації будівель з використанням енергетичних ресурсів альтернативних джерел енергії для вирішення завдань підняття енергоефективності Регіону України.

Обсяги робіт з термомодернізації в Україні

Близько 90% всіх багатоповерхівок потребують термомодернізації, згідно висновкам експертів Мінрегіону, які проаналізували стан існуючого житлового фонду України. З них 60-70% будинків зведено ще у роки індустріального будівництва за типовими серіями.

За оцінками фахівців, у першу чергу потребують термомодернізації будинки 1971-1980 років забудови. По всій Україні їх нараховується 18 140 (105,1 млн. кв. м). Серед них – 13 240 п'ятиповерхівок, 4170 дев'ятиповерхових будинків та 730 шістнадцяти поверхівок.

У будинках 1981-1990 років забудови має бути проведена термомодернізація другу чергу. Загалом таких будинків по Україні 22 270 (134,5 млн. кв. м). Серед них 11 140 - 5-ти поверхових, 8 480 - 9-ти поверхових, 2 200 16-ти поверхових та 450 понад 16-ть поверхів.

Згідно прийнятого Закону України «Про енергетичну ефективність будівель» обов'язкової термомодернізації підлягають:

- 15 500 будівель шкіл;
- 14 900 будівель дошкільних установ;
- 3 500 будівель громадського та комунального значення;
- 180 456 багатоповерхових будинків житлового фонду.

Обсяги можливих інвестицій в термомодернізацію будівель ЖКГ і об'єктів громадського значення в Україні

Об'єкт для термомодернізації	Вартість *, €	Кількість об'єктів, шт.	Загальна вартість, млн. €
Приблизна вартість термомодернізації школи	185 000	16 000	2 867,5
Приблизна вартість термомодернізації дошкільного закладу	120 000	15 000	1788
Приблизна вартість термомодернізації житлового будинку	280 000	180 000	50 527,7
Приблизна вартість термомодернізації громадської будівлі	153 000	3 500	535,5
Разом			(55,7млрд.€)

* Вартість робіт і визначення заходів на термомодернізацію об'єктів взяті з проекту ЄБРР м. Дніпро «Енергосервісний контракт на підвищення енергоефективності по впровадженню енергозберігаючих заходів, термомодернізація будівель бюджетних установ з досягненням гарантованої економії енергії в м. Дніпро (реконструкція)». Замовник ДМЕСКО м. Дніпро

Як видно з розрахунків, загальний обсяг можливих інвестицій тільки в сферу термомодернізації ЖКГ та громадських будівель в Україні може скласти близько: 55,7 мільярдів євро.

Розрахункові показники результатів здійснення Програми можуть змінюватися в процесі її виконання виходячи з конкретних результатів проведених енергоаудитів об'єктів, а також в процесі змін запропонованих замовниками об'єктів на проведення термомодернізації

2. ОПИС ПРОЄКТУ

2.1 Цілі проєкта

Енергоефективність та енергозбереження є одними з головних, характеристик стану та розвитку житлового комунального господарства, та енергетичного господарства Регіону.

Комплексна Програма енергоефективності «Ініціатива» має метою, на основі аналізу існуючого стану економіки та її прогнозів розвитку в Регіоні, розробити основні напрямки політики енергозбереження в сфері комунальної власності, приватного домоволодіння та нового будівництва. Будуть створені цілісні та ефективні системи управління енергозбереженням будівель та теплового господарства- **енергоменеджмент**.

Буде забезпечено належний рівень енергетичної ефективності будівель відповідно до Європейських стандартів, технічних регламентів, національних стандартів, норм і правил.

При існуючому перехідному періоду передачі повноважень та фінансування на місцеві органи влади, вже можливо починати здійснення програми «Ініціатива», яка по хазяйськи пропонує використовувати всі наявні у Регіоні енергетичні ресурси. Альтернативні джерела енергії та використання теплових скидів за допомогою теплових насосів будуть використані при здійсненні Програми .

- **Створення Центру енергоменеджменту** визначить послідовність проведення термомодернізації об'єктів і будівель Регіону для оптимальної взаємодії з результатами діяльності Спільних проєктів

- **Створення ефективної системи** централізованого теплопостачання - система централізованого теплопостачання, що використовує мінімум 50% відновлюваної енергії, або 50% скидної теплової, або 75% тепла когенерації, або 50% сукупності відновлювальної енергії та скидної теплової енергії.

- **Створення виробничих підприємств** для збирання енергоефективного обладнання, яке буде монтуватися за програмою «Ініціатива». В містах Маріуполь (рішенням міської влади виділена ділянка землі для створення виробничого цеху), Дніпро (земля викуплена учасниками ГО «Енергетичний Альянс» для будівництва складального цеху та навчального **Центру NZEB** (розроблений його проєкт). Розглядається питання розміщення збирального цеху на цій ділянці. Передбачається розміщення підприємств у Харкові, Краматорську, Запоріжжі і Києві. Діяльність підприємств буде вирішувати соціальні питання - створення робочих місць (715 робочих місць – підприємства по збірці технологічного обладнання, архітектурні бюро NZEB, проведення термомодернізації об'єктів).

- **Проведення всеосяжної економії енергії** будівель комунальної власності (освіти, охорони здоров'я, культури тощо).

- **Проведення комплексної термомодернізації** у будівлях установ бюджетної сфери та багатоповерхових житлових будинків ОСМД та теплового господарства із використанням інноваційних стійких екологічних технологій, які забезпечать скорочення викидів парникових газів у атмосферу.

- **Створення умов для залучення інвестицій** з метою здійснення заходів із підвищення рівня енергетичної ефективності будівель.

- **Розроблення методичних рекомендацій**, проведення навчання та поширення інформації щодо важливості підвищення енергетичної ефективності будівель.

- **Визначення економічної доцільності** здійснення заходів із підвищення рівня енергетичної ефективності будівель, впливу енергетичної ефективності будівель на екологічний стан населених пунктів СЕО(ОВД) з урахуванням світових тенденцій і досвіду в сфері забезпечення енергетичної ефективності будівель.

- **Поширення досвіду реалізації проєктів** у сфері забезпечення енергетичної ефективності будівель в Україні.

- **Проведення експертизи нормативних підзаконних актів, щодо проведення в Україні сертифікації будівель, відповідно до закону України «Про енергетичну ефективність будівель».**

2.2 Опис проєкту та доцільність його реалізації

Головне правило Програми «Ініціатива»:

«Роби правильно спочатку - не будеш переплачувати надалі».

- **Програма відпрацьовує** різні технології термомодернізації будівель, які будуть враховувати важке фінансове становище переважної більшості замовників термомодернізації при строгому дотриманні та виконанні стандарту комфортності житла.

- **Програма не рекомендує** масове необґрунтоване нав'язування замовникові повної комплексної термомодернізації будівлі, яка може привести до невиконання головного стандарту термомодернізації - комфортності!

- **При проведенні комплексної термомодернізації** (мається на увазі комплексна організація термомодернізації будівель в Регіоні за програмою «Ініціатива») будуть здійснені пілотні проєкти покрокової термомодернізації будівель, використовуючи європейський досвід і технології **Step-by-Step Retrofit EnerPHit**.

- **Визнана Фондом енергоефективності України** полегшена технологія сертифікації та термомодернізації будівель дасть можливість здійснити другий розділ програми «Ініціатива» - створення енергосервісних компаній із залученням інвестицій та технічних кредитів (можливе співфінансування) де буде брати участь іспанська асоціація виробників промислової продукції «Серкобе» для проведення термомодернізації будівель з подальшим їх обслуговуванням по розробленим у Програмі Перфоманс – проєктам. (1680 будівель і об'єктів)

- **Для успішного втілення виконання Програми**, всі заплановані заходи згруповані в окремі Блоки. Всі блоки Програми будуть виконуватися фахівцями, які пройшли навчання основам Європейських стандартів енергоефективності в спеціальних демонстраційних Учбових центрах **NZEB** (далі – **УЦ NZEB**). У виконанні завдань Програми «Ініціатива» бере участь болгарська компанія «**ЕнЕффект**» (Софія, Болгарія). Згідно укладеної Угоди, компанія «**ЕнЕффект**» надасть **УЦ NZEB** методичні матеріали для навчання фахівців, що беруть участь у виконанні завдань Програми.

- **Компанія «ЕнЕффект»** передасть багаторічний позитивний досвід участі в реформі сектора енергоефективності в близькій до нас частині структури ЖКГ країни Болгарії. Цей досвід буде сприяти запобіганню помилок, які притаманні перехідним економікам на початковій стадії реформування житлово-комунального комплексу. **Втрати енергії, одержані при помилковому непрофесійному вирішенні завдань підвищення енергоефективності в будівлі, множаться з мультиплікаційним**

ефектом у міру поширення цих помилок на масу будівель в державі. Неefективно використовуються інвестиції та закладаються мільярдні втрати по країні. Збільшується вартість життєвого циклу будівель.

3. Інформація про основних учасників проєкту:

3.1 ГО «Енергетичний Альянс»

Незалежна громадська організація «Енергетичний Альянс» – розробник Програми «Ініціатива».

ГО «Енергетичний Альянс» - це платформа, на якій перетинаються інтереси промислових підприємств, виробників - постачальників енергозберігаючих технологій, вчених, енергоаудиторів, міжнародних фінансових організацій, для вирішення завдань щодо впровадження енергозберігаючих технологій та фінансування таких робіт. Головна мета ГО «Енергетичний альянс»: сприяння створенню потужної системи енергетичної безпеки України шляхом широкого впровадження в промисловості та житлово-комунальному комплексі країни енергозберігаючих технологій. : (www.e-a.org.ua)

3.2 SERCOBE (Іспанія)

SERCOBE - Іспанська асоціація виробників промислових товарів, впровадження енергоефективних технологій та фінансування Проєктів. Асоціація SERCOBE представляє 1200 компаній та промислових груп, 4 колективних члена, що представляють понад 400 іспанських компаній. Асоціація SERCOBE створена в 1964 році; її членство відкрите для компаній та груп, що займаються проектуванням, виготовленням, монтажем та технічним обслуговуванням промислового обладнання. (sercobe.es/en/about-us)

3.3 ПП "Укрпромсерт"

Випробувальний центр «УКРПРОМСЕРТ» (акредитація НААУ №20831), учасник ГО «Енергетичний Альянс» та програми «Ініціатива». (<http://www.e-a.org.ua>)

3.4 Tecnicall (<http://tecnicall.com/es>) (виробник енергоефективного обладнання) Іспанія

3.5 Elecnor (<https://www.elecnor.com/>) (виробник енергоефективного обладнання) Іспанія

3.6 Imasa (<http://www.imasa.com/es/portal.do>) (виробник енергоефективного обладнання) Іспанія

3.7 TSK (<http://www.grupotsk.com/>) (виробник енергоефективного обладнання) Іспанія

3.8 Inmecal (<http://calderasinmecal.com/>) (виробник енергоефективного обладнання) Іспанія

3.9. Araner (<https://www.araner.com/>) (виробник енергоефективного обладнання) Іспанія

3.10 Flowserve – Насосы (<https://www.flowserve.com/en>) (виробник енергоефективного обладнання) Іспанія

3.11 Lointek - intercambiadorws de calor (<http://www.lointek.com/>) (виробник енергоефективного обладнання) Іспанія

3.12 Alium Technologies - EPC proyectos de eficiencia energética (<https://aliumtechnologies.es/>) виробник енергоефективного обладнання) Іспанія

3.13 Enarlux - luminaria ecológica (<https://www.enarlux.com/>) виробник енергоефективного обладнання) Іспанія

3.14 Araner - district heating and cooling (<https://www.araner.com/>) виробник енергоефективного обладнання) Іспанія

3.15 Arflu – válvulas (<https://www.arflu.com/>) (виробник енергоефективного обладнання) Іспанія

3.16 Hymcogra - iluminación urbana (<http://www.hymcogra.com/>) (виробник енергоефективного обладнання) Іспанія

3.17 Ecoforest - bombas de calor (<https://ecoforest.com/en/>) (виробник енергоефективного обладнання) Іспанія

3.18 Tecna - recuperadores de calor (<https://www.tecna.es/>) (виробник енергоефективного обладнання) Іспанія

3.19 Sedical – contadores (<https://www.sedical.com/>) (виробник енергоефективного обладнання) Іспанія

3.20 Nibe - bombas, recuperadores, calderas (<https://www.nibe.es/>) (виробник енергоефективного обладнання) Іспанія

3.21 Fagor industrial - cocinas industriales para escuelas y hospitales (<https://www.fagorindustrial.com/en/>) (виробник енергоефективного обладнання) Іспанія

3.22 ОС ПП «Еталон»

Орган з оцінки та сертифікації продукції приватне підприємство «Еталон» (акредитація НААУ №10054), учасник ГО «Енергетичний Альянс» та програми «Ініціатива». (osetalon.com.ua)

3.23 Інститут Пасивного Будинку (РНІ, м. Дармштадт, Німеччина)

Інститут Пасивного Будинку (РНІ) (Passivhaus Institut - нім. мовою, Passive House Institute - англ. мовою) - незалежний науково-дослідний інститут із постійно зростаючою міждисциплінарною командою співробітників, заснований у 1996 році доктором Вольфгангом Файстом. (passiv.de) Інститут Пасивного будинку (РНІ) спеціалізується на дослідженнях та наукових розробках у галузі вискоелективного використання енергії. Він відіграв особливо вирішальну роль у розробці концепції Пасивного будинку. Перший пілотний проект (Пасивний будинок Краніхштайн, Дармштадт, Німеччина, 1990 р.) - це перший багатоквартирний житловий будинок, реалізований в Європі з метою досягнення документально підтвердженого споживання теплової енергії нижче за 10 кВт·год/м² на рік. Цей рівень споживання підтверджений багаторічним детальним моніторингом.

Розроблені технології сертифікації та термомодернізації будівель інститутом РНІ Дармштадт використовуються Європейською комісією (уряд ЄС) для перспективного планування переходу Європейського союзу до будівництва і термомодернізації будівель **NZEB**.

3.24 Пасивний Будинок (Passivhaus нім. мовою, Passive House англ. мовою)

Енергоефективний стандарт **Пасивного будинку**, застосування якого дозволяє значно скоротити попит енергії на опалення/охолодження та підвищити якість внутрішнього комфорту, одночасно мінімізувати негативний вплив на довкілля.

Точне визначення стандарту Пасивного будинку (РНІ): «Пасивний Будинок — це будівля, в якій тепловий комфорт (ISO 7730) досягається виключно за рахунок додаткового попереднього підігріву (або охолодження) свіжого повітря, необхідного для підтримання в приміщеннях повітря високої якості, без його додаткової рециркуляції».

Пасивні будинки дозволяють заощаджувати до 90% енергії в порівнянні з типовими будинками для центральної Європи і більше ніж 75% порівняно з середнім новим будинком. У перерахунку на рідке паливо, пасивний будинок використовує менше ніж 1,5 літри палива на квадратний метр площі опалення на рік, тобто, набагато менше, ніж звичайні будинки з низьким споживанням енергії. Аналогічну економію енергії було продемонстровано і в умовах теплого клімату, де будівлі потребують більше енергії для охолодження, ніж для опалення.

3.25 Товариство з обмеженою відповідальністю «НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ ІНСТИТУТ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ» м. Кривий Ріг, учасник ГО «Енергетичний Альянс» та програми «Ініціатива».

3.26 Корпорація «Теплоенерго» (www.teploenergo.com.ua) учасник ГО «Енергетичний Альянс» та програми «Ініціатива». Підприємство випускає енергоефективне обладнання.

3.27 ТОВ «Енергополіс»- інжинірингова компанія повного циклу, спеціалізується на рішенні проблем в енергетиці (www.energopolis.net.ua) є учасником ГО «Енергетичний Альянс» та програми «Ініціатива».

3.28 Придніпровська державна академія будівництва та архітектури (ПДАБА) учасник ГО «Енергетичний Альянс» та програми «Ініціатива» ГО «Енергетичний Альянс» включено до партнерів проєкту Енерго-інноваційний **Хаб при ДВНЗ ПДАБА Придніпровська архітектурна академія**. Німецький фонд **GIZ** фінансує придбання випробувального обладнання для хабу.

4. Опис послуг / продукту

Сертифікація (енергоаудит) типових будівель за допомогою методик європейських стандартів енергоефективності і подальше їх недороге поширення на велику кількість будівель.

Звіти по проведеній сертифікації будівель будуть надаватися в міжнародні банки, фонди і в український Фонд енергоефективності для фінансування їх термомодернізації. На основі отриманих даних розробляється Технічне завдання на

проектування термомодернізації будівель. В архітектурному бюро підприємства проводиться проектування термомодернізації об'єктів. ПП «Укрпромсерт» має угоду з Інститутом Пасивного Будинку (РНІ) по спільному проведенню сертифікаційних робіт. Така участь піднімає якість, авторитет і рівень робіт. Виписка з перекладу Угоди між ГО «Енергетичний Альянс» і німецьким інститутом Пасивного будинку РНІ).

Європейські банки і фонди розглядають виділення фінансування на термомодернізацію об'єктів переважно на підставі сертифікації-аудиту відомими європейськими інститутами і аудиторськими компаніями.

Здійснення «Концепції національного плану збільшення кількості будівель з близьким до нульового рівнем споживання енергії» пропонує створення будівель NZEB в країні. Якщо раніше вважалося, що NZEB можуть собі дозволити тільки одиниці громадян в Україні, то в даний час вартість будівництва будівлі NZEB (будівництво та термомодернізація будівель за допомогою маловитратних технологій та і оптимально не дорогих матеріалів) приблизно тільки на 20% більше, ніж будівництво звичайного будинку. А енергоефективність будівлі NZEB значно вище.

Обсяги фінансування робіт по першій частині Програми, згідно з **Концепцією національного плану збільшення кількості будівель з близьким до нульового рівнем споживання енергії (Розпорядження КМУ №88-р від 29.01.2020р)**, будуть визначені після рішення Мінрегіону України та Агенство Держенергоефективності про кількість будівель, які будуть підлягати термомодернізації до рівня NZEB.

У Регіонах України в даний час вперше проходять аудита- сертифікації будівель різного призначення згідно українських стандартів, які адаптовані до європейських директив. Це позитивний факт. Нарешті розпочато загальну термомодернізацію в країні. Проводиться точкова сертифікація об'єктів поки без енергетичної прив'язки до передбачуваних, в майбутньому розробленим **Регіональним Планом термомодернізації.**

Така термомодернізація по країні повинна спочатку прив'язуватися до дуже серйозно прорахованим заходам, відбитим в таких планах Регіонів.

Причина: при проведенні великих масштабів термомодернізації в Регіоні існує небезпека протиріччя між загальним **Планом** і конкретними об'єктами, які вже пройшли модернізацію.

Масове зниження споживання термомодернізованими об'єктами енергії не повинно збанкрутувати енергогенеруючі підприємства та тепломережі. У програмі «Ініціатива» розроблені заходи для недопущення такого дисбалансу за допомогою Спільних підприємств, використовуючи договори Принципу солідарності.

У Планах по термомодернізації Регіонів в обов'язковому порядку будуть запропоновані Спільні проекти по використанню АДЕ (альтернативних джерел енергії), когенерації та рекуперації на об'єктах теплогенерації, а також отримання теплової енергії від скидів низько потенційного тепла використовуючи договори Принципу солідарності.

В Україні в даний момент, крім деяких напрямків, такий потенціал не використовується. Нульові позиції полегшують розробку-розрахунок Планів

термомодернізації Регіонів, застосовуючи новітні досягнення в сфері отримання енергії з АДЕ і створення оптимальних схем їх взаємодії з використанням традиційних джерел енергії.

Мансардне будівництво.

Після спеціального рішення Комісії в Регіоні проводиться проектування і добудова мансардних поверхів над будівлею старого фонду будівель. Фінансування та розподіл доходу від продажу добудованих квартир проводиться відповідно до Договору про створення Спільних проєктів.

Теплостанції.

Відповідно до розробленого Плану термомодернізації Регіону будуть будуватися теплостанції для отримання високопотенційного тепла з теплових скидів різних об'єктів і централізованого його розподілу в Регіоні .

Складальні цехи.

Для поставок технологічного обладнання на об'єкти термомодернізації будуть створюватися складальні цехи для його складання і налагодження за Договорами толінгу в тому числі .

Всі ці Спільні проєкти будуть створюватися відповідно до **Плану по термомодернізації** Регіону і їх кількість буде залежати від розмірів Регіону, наявності промислових підприємств, кількості будівель що мають можливість добудови поверхів.

Здійснення Проєктів підвищить інвестиційну привабливість програми «Ініціатива» та зменшить терміни окупності термомодернізованих будинків ЕСКО - замовників робіт по здійсненню Програми.

Програма «Ініціатива» в реально існуючому в Україні інвестиційному кліматі створює позитивні умови для інвестора, які гарантують йому сприятливий режим входження в бізнес. Прораховується ТЕО, бізнес-план, гарантується економічно-правова основа для законного отримання прибутку.

5.Збірна інформація з виконання енергоаудитів.

№ п/п	Найменування показників	Розмірність	Школа №1	Школа №2	Школа №3	НБК № 4	
						основна	початкова
1	Дата здачі в експлуатацію		1957	1958	1959	1963	
2	Опалювальна площа	м ²	1816,7	3778	3629,5	3529,3	1375,8
3	Опалювальний об'єм	м ³	6635,7	14999	12825	13772,6	4333,8
4	Кількість поверхів		3	4	3	4	2
5	Розрахункова кількість місць		354-400	800 (550)	500-600	377-500	276
6	Фактична кількість учнів		241	520	540	298	242
7	Фактична опалювальна площа у розрахунку на 1 учня	м ² /учень	7,5	7,3	6,7	11,8	5,7
8	Коефіцієнт скління фасадів		0,24	0,26	0,35	0,28	0,23
9	Показник компактності будівлі		0,35	0,29	0,4	0,34	0,57
10	Граничне значення питомого енергоспоживання	кВт*год/м ³	43,30	39,95	46,00	42,70	55,35
11	Показник питомого енергоспоживання при опаленні і охолодж. - в тому числі при опаленні	кВт*год/м ³	63,3	52,4	68,6	58,8	96,6
			48,3	37,4	53,6	43,8	81,5
12	Клас енергетичної ефективності будівлі		F	E	F	F	G
13	Капітальні витрати на впровадження комплексної термомодерн.	тис. грн	5297,00	9259,40	11554,70	10164,20	5861,45
14	Питомі капітальні витрати (на 1 м ² опалювальної площі)	тис. грн/м ²	2,92	2,45	3,18	2,88	4,26
15	Економія від впровадження компл. Термомодернізації	тис. грн	489,38	854,1	1053,9	965,3	564,53
16	Простий термін повернення інвестицій	років	10,8	10,8	11,0	10,5	10,4
17	Дисконтний термін повернення інвестицій (r = 6,5 %)	років	19,3	19,4	19,8	18,3	17,8
18	Теплові навантаження на системи опалення будівель						
	- фактичне існуюче	кВт	87	258	308	296	150
	- розрахункове (для сертифікації)	кВт	167	301	364	325	173
	- після впровадження комплексної термомодерніз.	кВт	60	111	132	112	50
19	Енергоспоживання для опалення та обміну повітря						
	- фактичне існуюче (2018 рік)	Гкал/рік	128,6	333,0	382,0	377,0	205,0
	- розрахункове (для сертифікації)	Гкал/рік	275,8	481,9	591,4	519,1	303,8
	- після впровадження комплексної термомодернізац.	Гкал/рік	58,1	102,3	123,0	90,1	52,9
20	Середній за опалювальний період повітрообмін (кратність)						
	- фактичний (2018 р)	крат	0,1	0,1	0,05	0,08	0,1
	- розрахунковий (оптимальний)	крат	0,36	0,31	0,37	0,24	0,5
21	Розрахункова продуктивність механічної вентиляції (з реперац)	м ³ /год	9850	17274	19692	13770	9295
22	Кратність повітрообміну механічної вентиляції (нової)	крат	1,48	1,15	1,54	1,00	2,14

Короткі коментарі до проведеного енергоаудиту 5-ти шкіл міста Світловодська

1. До складу інвестицій, необхідних для впровадження комплексної термомодернізації, входять лише кошти, що забезпечують впровадження виключно заходів з підвищення енергоефективності будівель. Питомі інвестиції для цих заходів становлять 90-130 євро/м². В той же час для комплексного впровадження заходів з підвищення енергоефективності необхідне виконання робіт (капітальний ремонт), що забезпечують необхідний життєвий цикл будівель. Капітальні ремонти у будівлях шкіл не проводився біля 60 років, тому перелік робіт, обов'язкових до виконання, може бути суттєвим. Склад цих робіт встановлюється після виконання технічного обстеження будівель. До складу цих робіт можуть входити такі роботи: - ремонт фасадів (наявність тріщин); - ремонт вимощення будівель; - роботи по підсиленню несучої здатності конструкцій будівель; - ремонт вхідних сходів (зовнішніх) та ганків; - заміне перемичок над віконними отворами; - ремонт покрівпель (із зміною токсичних азбестових матеріалів); - будівельні роботи пов'язані із організацією інклюзивного навчання (облаштування пандусів, поручень та інш.); - ремонт вентиляційних каналів природної витяжної вентиляції та вентиляційних шахт та ремонт вентиляції кухонь; - ремонт волопровідно-каналізаційних систем; - інші роботи. Повна вартість впровадження комплексної термомодернізації буде значно вищою, ніж вартість впровадження виключно спеціальних заходів з

2. У всіх будівлях шкіл, що входили до складу об'єктів проведення енергетичного аудиту, якість забезпечення мікрокліматичних умов вкрай низька та характеризується низьким рівнем температурного режиму (значно нижче оптимальних вимог) та низьким повітрообміном, що є причиною забруднення повітря та захворюваності дітей. Забезпечення необхідного рівня чистоти повітря у приміщеннях порушено через руйнування витяжних систем вентиляції та встановлення герметичних віконних блоків.

Суттєвою причиною неякісного температурного режиму є якість функціонування системи центрального тепlopостачання міста.

3. Комплексне впровадження заходів з термомодернізації обіцяє значне скорочення енергоспоживання. Але необхідно розуміти, що задеклароване енергоаудитом скорочення енергоспоживання можливе за умов досягнення герметичності будівель, скорочення до мінімуму природного повітрообміну (інфільтрації) та при впровадженні високоефективних автоматизованих систем механічної вентиляції із утилізацією тепла витяжного повітря. Без використання цієї умови економічний та санітарно-гігієнічний ефект буде значно нижчий.

4. Через руйнування систем природної та механічної вентиляції фактичний повітрообмін у існуючих будівлях шкіл (середній за опалювальний період) становить $K = 0,05 - 0,1$ крати. (кратність повітрообміну встановлена шляхом проведення натурних обстежень та аналізу теплового балансу будівель).

Розрахункова кратність повітрообміну (середня за опалювальний період), визначена у відповідності до санітарно-гігієнічних вимог, має становити $K = 0,3 - 0,5$ крати. Розрахунковий повітрообмін залежить від геометричних характеристик будівель та кількості людей, що постійно перебувають у будівлях.

Після впровадження термомодернізації природний повітрообмін (інфільтрація) має бути знижений до мінімуму, а повітрообмін має здійснюватись механічною вентиляцією лише в періоди перебування людей у приміщеннях. При цьому продуктивність вентиляції має змінюватись в залежності від кількості людей у приміщеннях. Розрахункова максимальна продуктивність механічної вентиляції, обладнаної утилізаторами тепла, має забезпечувати у будівлях шкіл кратність повітрообміну $K = 1,0 - 2,0$ крати в залежності від особливостей будівлі та організації учбового процесу.

5. Найнижчий рівень енергоефективності веред досліджених будівель міста Світловодська має будівля початкової школи НВК №4. Причиною цього є недостатній тепловий захист огорожень будівлі та високе значення показника компактності будівлі. У згаданій будівлі на кожний кубічний метр опалювального об'єму припадає $0,57 \text{ м}^3$ площі зовнішніх огорожень, тоді як в школах №1, №2, №3 та в основній будівлі НВК цей показник відповідно становить 0,35, 0,29, 0,4 та $0,34 \text{ м}^2/\text{м}^3$.

6. Вартість модернізації систем опалення та впровадження ІТП визначені для варіанту комплексного впровадження термомодернізації, тобто за умов коли розрахункова

теплова потужність цих систем буде в 2 - 2,5 рази нижчою, ніж теплова потужність існуючих систем опалення. В разі поетапного впровадження заходів при впровадженні ГТП і модернізації систем опалення до комплексного утеплення зовнішніх огорожень будівель, вартість цих робіт буде значно вищою (підлягає додатковому уточненню).

7. На показники енергоефективності та на якість мікроклімату у приміщеннях впливає ступінь заповненості шкіл. В школах міста цей показник не достатньо аналізується та не досить якісно визначається. Норма площі опалювальних приміщень на 1-го учня фактичної чисельності коливається в межах від 11,8 м²/учень до 5,7 м²/учень.

Некоректне визначення нормативної кількості місць у школі та перевищення цього нормативу негативно впливає на показники енергетичної ефективності - чим менша питома площа опалювальних приміщень, що припадає

8. Енергетичний аудит шкіл, згідно умов договору, виконувався як експрес-аудит, тобто як аудит, що допускає застосування дещо спрощених методів аналізу. Такий статус енергетичного аудиту не вплинув на методологію визначення енергоспоживання та проведення енергетичних оцінок при опаленні, організації повітрообміну, гарячому водопостачанні та освітленні. Згадані вище розрахунки виконані у відвідносності до діючих у Україні вимог, що застосовуються при проведенні енергетичної сертифікації будівель.

Метод оцінок, а не метод детальних громіздких розрахунків, застосований для визначення енергоспоживання системами охолодження будівель шкіл. Згаданий метод щодо охолодження відповідає умовам договору та застосований виходячи з того, що охолодження для шкіл, зважаючи на графік та режим їх роботи, не є достатньо актуальним. Неактуальність застосування охолодження у школах (на цьому етапі розвитку нашого суспільства) підтверджується опитуванням персоналу багатьох шкіл в різних регіонах України. Не випадково європейський стандарт, що має статус українського національного нормативного документа, ДСТУ Н Б А.2.2-13:2015 "Настанова з проведення енергетичної оцінки будівель" не рекомендує включати енергоспоживання при охолодженні до енергоспоживання будівель шкіл для оцінки енергетичних характеристик будівель.

6. Умови інвестування потенційного проекту школи № 1 м.Світловодськ. Приклад. Інформація на другі об'єкти Плотного проекту дивись додаток 1,2,3,4,5 (інвестор бере на себе 50%, інвестиції громади 50%.)

Умови інвестування потенційного проекту термомодернізації невідомі. Невідома процентна ставка кредитування та інші умови, що впливають на норму дисконту.

Тому додатково виконаємо розрахунки для різних значень норми дисконту: 2%; 4%;10%.

Результати розрахунків приведені в таблиці.

№ п/п	Найменування показників	Розмірність	Значення показників			
			r = 2,0%	r = 4,0%	r = 6,5%	r = 10,0%
1	Капітальні витрати (CAPEX)	тис. грн	5297,00			
2	Річна економія	тис. грн	489,38			
4	Простий термін окупності	років	10,8			
5	Дисконтований термін окупності	років	12,3	14,5	19,3	більше 20 р
6	Чиста приведена вартість NPV	тис. грн	2705,1	1353,9	95,3	-1130,6
7	Внутрішня норма дохідності IRR	%	6,9	6,9	6,9	6,9
8	Індекс дохідності дисконтований	-	1,51	1,26	1,02	0,79

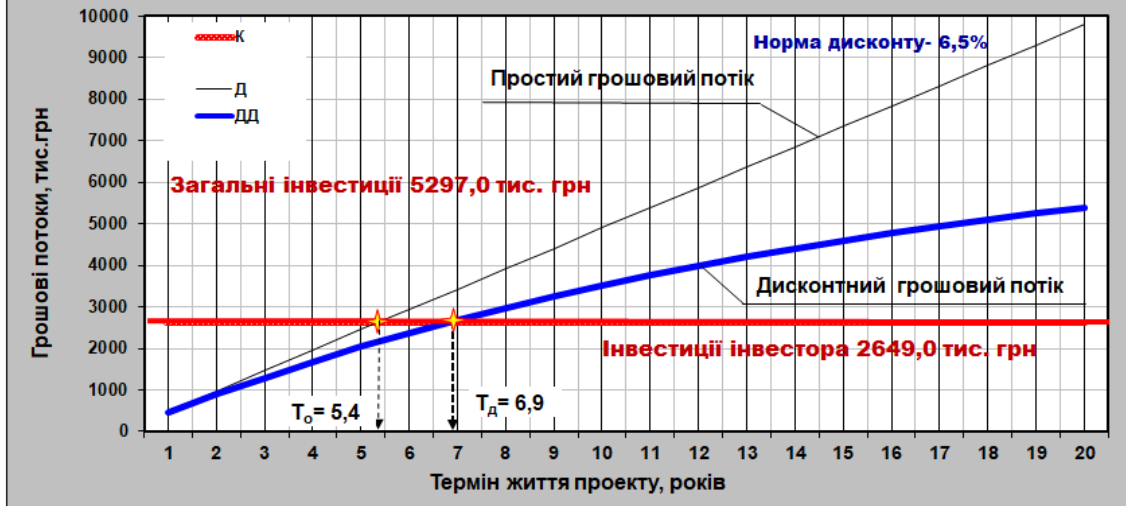
В таких умовах питання проведення комплексної термомодернізації можливо вирішувати шляхом реалізації моделей державно-приватного партнерства. Особливістю для цієї моделі є те, що частина інвестицій здійснюється державою (громадою), а іншу частину інвестицій бере на себе інвестор. Прибуток від реалізації проекту ділиться пропорційно інвестиціям.

Розглянемо один із можливих варіантів, наприклад, варіант, при якому інвестор бере на себе 50% інвестицій, а решта – інвестиції громади (муніципалітету):

- муніципалітет інвестує у проєкт ... 2648,50 тис. грн;
 - інвестор інвестує 2648,50. грн
- Всього: 5297.00 тис. грн

На рисунку 7.5 приведений графік грошових потоків цього варіанту інвестування при тій же нормі дисконту 6,5%. За таких умов інвестор, вклавши 2,649 млн. грн, зможе їх повернути та отримати прибуток через 6,9 років (дисконтний термін окупності $T_d = 6,9$ роки).

Графік грошових потоків інвестиційної моделі впровадження комплексної термомодернізації будівлі школи



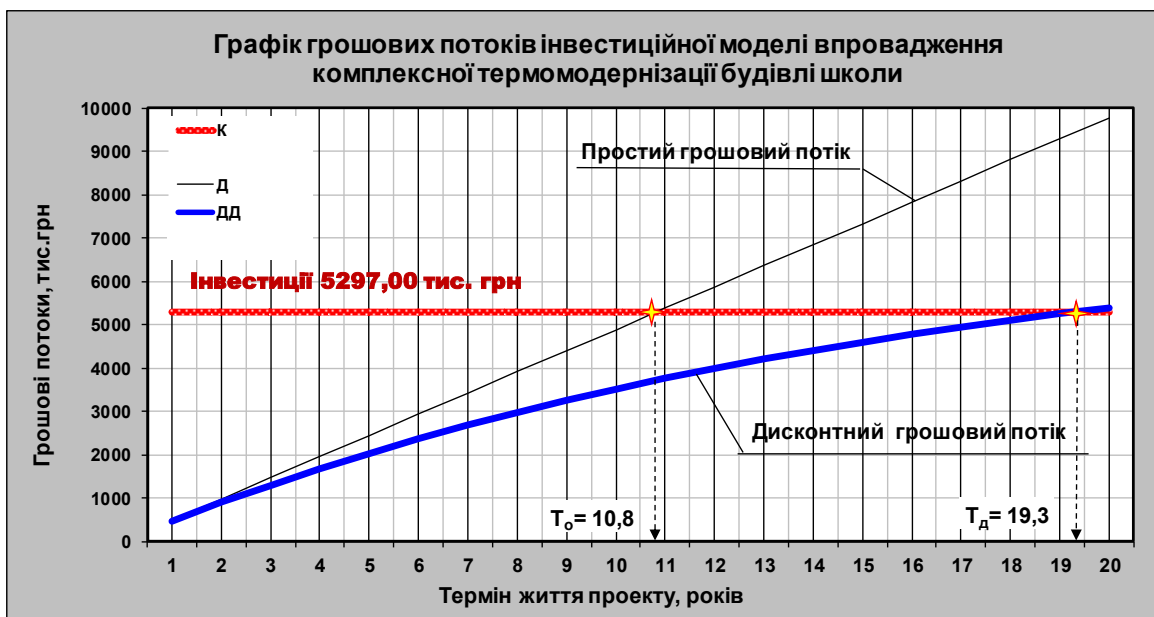
ЗАГАЛЬНІ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ КОМПЛЕКСНОЇ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ БУДІВЛІ СВІТЛОВДСЬКОЇ ЗОШ №1

норма дисконту – 6,5%

- | | | | |
|---|------------------|--------|----------|
| 1. Вартість енергозберігаючих заходів (інвестицій)..... | K = | 5297,0 | тис. грн |
| 2. Щорічний проміжний дохід (економія коштів)..... | ΔД= | 489,4 | тис. грн |
| 3. Розрахункова норма дисконту..... | r = | 0,0650 | |
| 4. Простий (бездисконтний) термін окупності..... | T _о = | 10,8 | років |
| 5. Дисконтний строк окупності: T _д = -ln(1 - T _о r) / ln(1 + r) = 1,22 / 0,06 | T _д = | 19,3 | років |

Повний простий (бездисконтний) дохід (D_{Тсл}) визначається за формулою: D_{Тсл} = ΔД₁ + ΔД₂ + + ΔД_{Тсл}

№ п/п	Найменування показників	Позначення	Проміжний щорічний дохід, тис. грн																			
			(з підсумком з в рахуванням попередніх років - по рокам)																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Бездисконтний дохід	Д	489	979	1468	1958	2447	2936	3426	3915	4404	4894	5383	5873	6361,9	6851	7341	7830	8319	8809	9298	9788
2	Дисконтований дохід	ДД	460	891	1296	1677	2034	2369	2684	2980	3257	3518	3763	3993	4208,5	4411	4601	4780	4948	5105	5253	5392



Чистий дисконтний дохід: $ЧДД = ДД_{Тсл} - K = 5392 - 5297 = 95,3$ т. грн (Чиста приведена вартість NPV)

Індекс дохідності дисконтний: $ІД_д = ДД_{Тсл} / K = 5392 / 5297 = 1,02$

Внутрішня норма дохідності: $IRR = 6,9 \%$

Аналіз проведених розрахунків та графіка грошових потоків показує, що економічні показники повного об'єму впровадження комплексної термомодернізації для інвестора є непривабливими.

Графік наглядно ілюструє, що дисконтований (реальний) термін повернення інвестицій становить біля 20 років.

Показники, що характеризують ефективність інвестицій виглядають наступним чином:

- простий термін повернення інвестицій 10,8 років
- дисконтований термін повернення інвестицій 19,3 років
- чиста приведена вартість NPV 95,3 тис. грн

58

- внутрішня норма дохідності IRR6,9%
- дисконтований індекс дохідності1,02

За існуючих умов залучення інвесторів для проведення комплексної термомодернізації є неможливим.

Умови інвестування потенційного проєкту невідомі. Невідома процентна ставка кредитування та інші умови, що впливають на норму дисконту. Тому додатково виконаємо розрахунки для різних значень норми дисконту: 2%; 4%;10%.

Результати розрахунків приведені в таблиці.

№ п/п	Найменування показників	Розмірність	Значення показників			
			r = 2,0%	r = 4,0%	r = 6,5%	r = 10,0%
1	Капітальні витрати (CAPEX)	тис. грн	5297,00			
2	Річна економія	тис. грн	489,38			
4	Простий термін окупності	років	10,8			
5	Дисконтований термін окупності	років	12,3	14,5	19,3	більше 20 р
6	Чиста приведена вартість NPV	тис. грн	2705,1	1353,9	95,3	-1130,6
7	Внутрішня норма дохідності IRR	%	6,9	6,9	6,9	6,9
8	Індекс дохідності дисконтований	-	1,51	1,26	1,02	0,79

В таких умовах питання проведення комплексної термомодернізації можливо вирішувати шляхом реалізації моделей державно-приватного партнерства. Особливістю для цієї моделі є те, що частина інвестицій здійснюється державою (громадою), а іншу частину інвестицій бере на себе інвестор.

Прибуток від реалізації проєкту ділиться пропорційно інвестиціям.

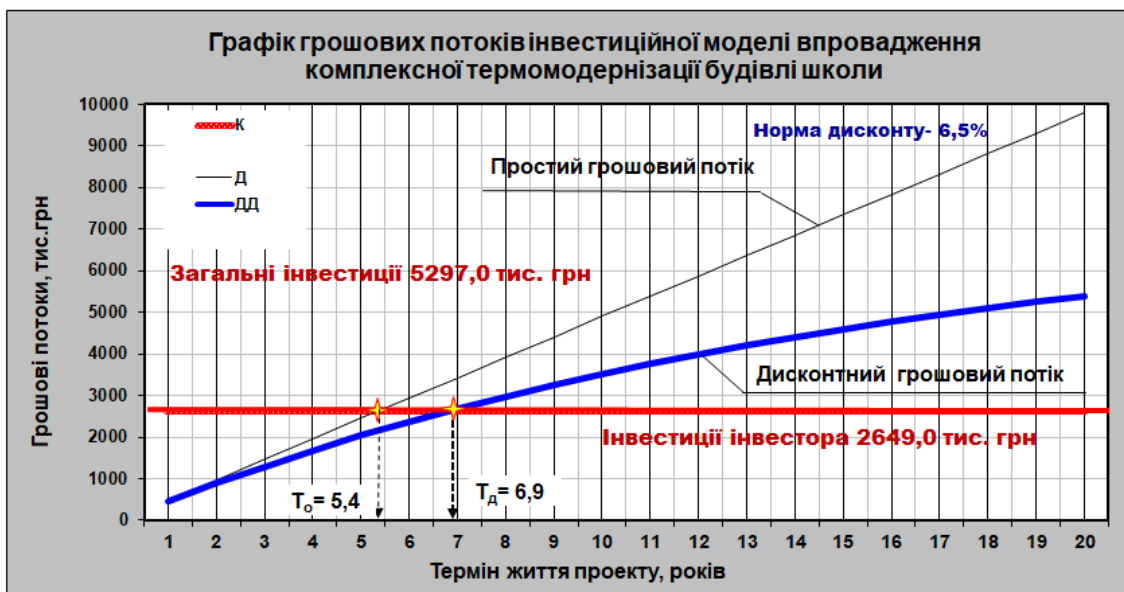
Розглянемо один із можливих варіантів, наприклад, варіант, при якому інвестор бере на себе 50% інвестицій, а решта – інвестиції громади (муніципалітету):

- муніципалітет інвестує у проєкт ... 2648,50 тис. грн;
- інвестор інвестує2648,50. грн

Всього: 5297.00 тис. грн

На рисунку приведений графік грошових потоків цього варіанту інвестування при тій же нормі дисконту 6,5%. За таких умов інвестор, вклавши 2,649 млн. грн, зможе

їх повернути та отримати прибуток через 6,9 років (дисконтний термін окупності $T_d = 6,9$ роки).



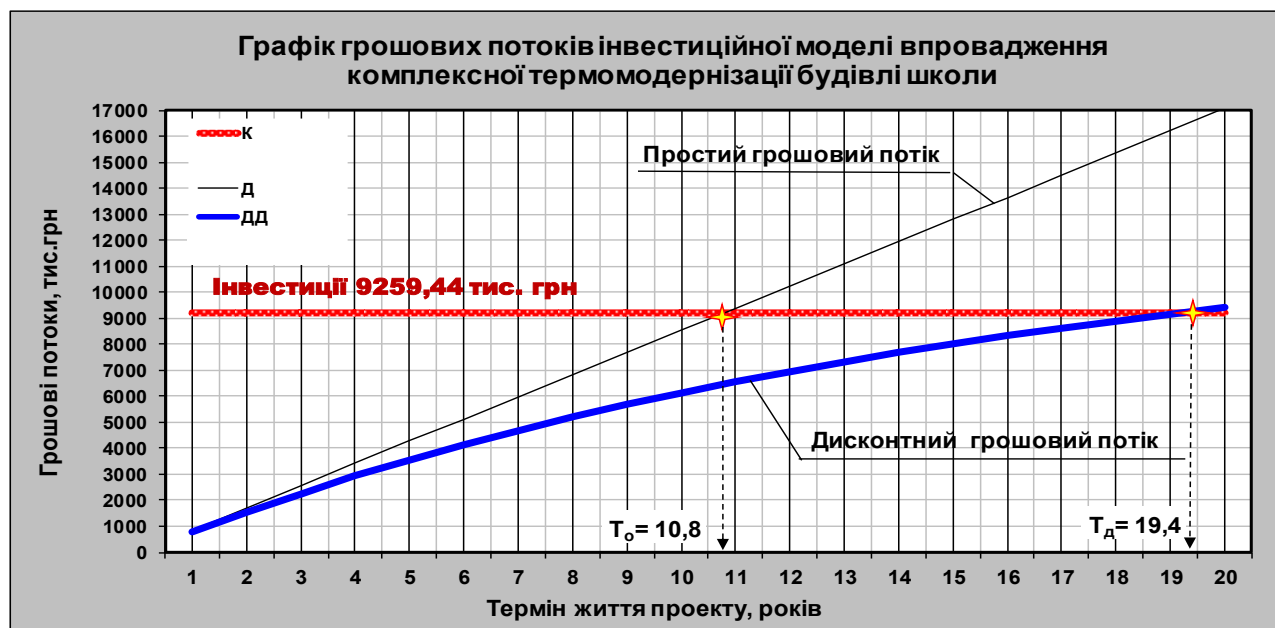
ЗАГАЛЬНІ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ КОМПЛЕКСНОЇ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ БУДІВЛІ СВІТЛОВОДСЬКОЇ ЗОШ №2

норма дисконту – 6,5%

- | | | | |
|---|--------------|---------------|----------|
| 1. Вартість енергозберігаючих заходів (інвестиції)..... | $K =$ | 9259,4 | тис. грн |
| 2. Щорічний проміжний дохід (економія коштів)..... | $\Delta D =$ | 854,1 | тис. грн |
| 3. Розрахункова норма дисконту..... | $r =$ | 0,0650 | |
| 4. Простий (бездисконтний) термін окупності..... | $T_o =$ | 10,8 | років |
| 5. Дисконтний строк окупності: $T_d = -\ln(1 - T_o r) / \ln(1 + r) = 1,22 / 0,06$ | $T_d =$ | 19,4 | років |

Повний простий (бездисконтний) дохід ($D_{\text{Тсл}}$) визначається за формулою: $D_{\text{Тсл}} = \Delta D_1 + \Delta D_2 + \dots + \Delta D_{\text{Тсл}}$

№ п/п	Найменування показників	Позначення	Проміжний щорічний дохід, тис. грн																			
			(з підсумком з в рахуванням попередніх років - по рокам)																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Бездисконтний дохід	Д	854	1708	2562	3416	4271	5125	5979	6833	7687	8541	9395	10249	11103	11957	12812	13666	14520	15374	16228	17082
2	Дисконтований дохід	ДД	802	1555	2262	2926	3549	4135	4684	5200	5685	6140	6567	6968	7345	7699	8031	8343	8635	8910	9169	9411



Чистий дисконтний дохід: $ЧДД = DD_{\text{Тсл}} - K = 9411 - 9259 = 151,5$ т. грн (Чиста приведена вартість NPV)

Індекс дохідності дисконтний: $ID_d = DD_{\text{Тсл}} / K = 9411 / 9259 = 1,02$

Внутрішня норма дохідності: $IRR = 6,7\%$

Аналіз проведених розрахунків та графіка грошових потоків показує, що економічні показники повного об'єму впровадження комплексної термомодернізації для інвестора є непривабливими.

Графік наглядно ілюструє, що дисконтований (реальний) термін повернення інвестицій становить біля 20 років.

Показники, що характеризують ефективність інвестицій виглядають наступним чином:

- простий термін повернення інвестицій 10,8 років
- дисконтований термін повернення інвестицій 19,4 років
- чиста приведена вартість NPV 151,5 тис. грн

- внутрішня норма дохідності IRR6,7%
- дисконтований індекс дохідності1,02

За існуючих умов залучення інвесторів для проведення комплексної термомодернізації є неможливим.

Умови інвестування потенційного проєкту невідомі. Невідома процентна ставка кредитування та інші умови, що впливають на норму дисконту. Тому додатково виконаємо розрахунки для різних значень норми дисконту: 2%; 4%;10%.

Результати розрахунків приведені в таблиці .

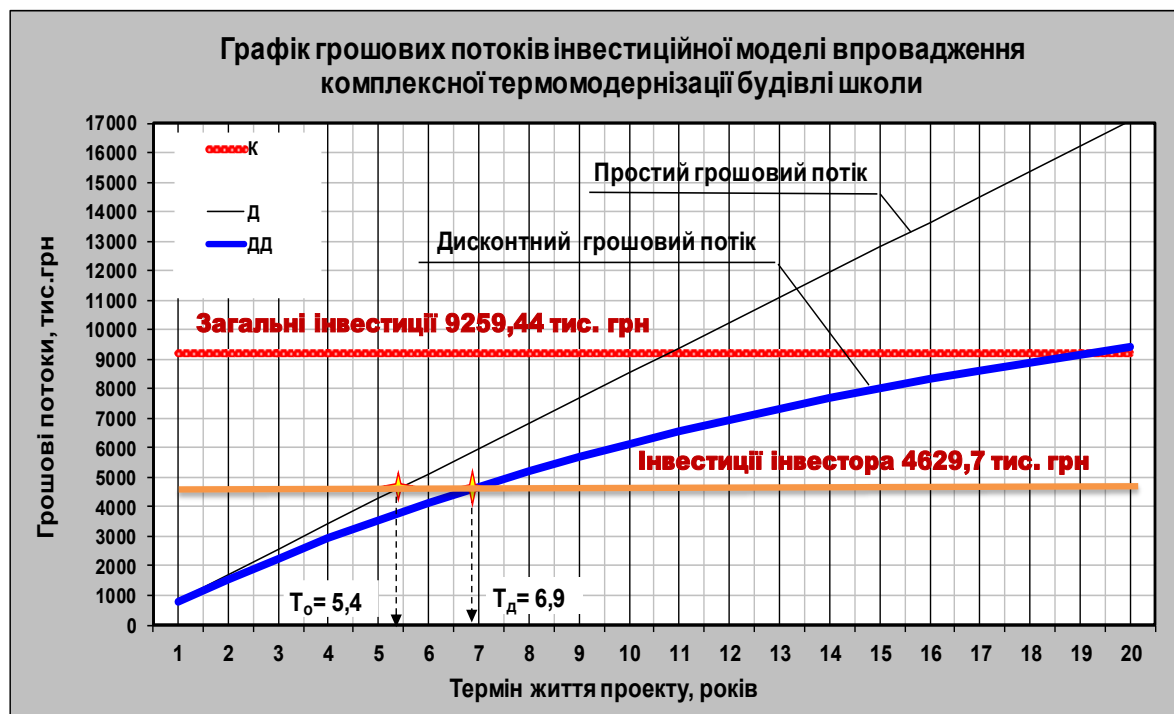
№ п/п	Найменування показників	Розмірність	Значення показників			
			r = 2,0%	r = 4,0%	r = 6,5%	r = 10,0%
1	Капітальні витрати (CAPEX)	тис. грн	9259,44			
2	Річна економія	тис. грн	854,1			
4	Простий термін окупності	років	10,8			
5	Дисконтований термін окупності	років	12,3	14,5	19,4	більше 20 р
6	Чиста приведена вартість NPV	тис. грн	4706,3	2348,1	151,5	-1988,0
7	Внутрішня норма дохідності IRR	%	6,7	6,7	6,7	6,7
8	Індекс дохідності дисконтований	-	1,51	1,25	1,02	0,79

В таких умовах питання проведення комплексної термомодернізації можливо вирішувати шляхом реалізації моделей державно-приватного партнерства. Особливістю для цієї моделі є те, що частина інвестицій здійснюється державою (громадою), а іншу частину інвестицій бере на себе інвестор. Прибуток від реалізації проєкту ділиться пропорційно інвестиціям.

Розглянемо один із можливих варіантів, наприклад, варіант, при якому інвестор бере на себе 50% інвестицій, а решта – інвестиції громади (муніципалітету):

- муніципалітет інвестує у проєкт 4629,7 тис. грн;
 - інвестор інвестує 4629,7. грн
- Всього: 9259,4 тис. грн

На рисунку приведений графік грошових потоків цього варіанту інвестування при тій же нормі дисконту 6,5%. За таких умов інвестор, вклавши 4,630 млн. грн, зможе їх повернути та отримати прибуток через 7,0 років (дисконтний термін окупності $T_d = 6,9$ роки).



Розглянутий вище варіант спільного інвестування для впровадження комплексних проєктів термомодернізації необхідно розглядати, як перспективний та як такий, що дає можливість залучати інвесторів до реалізації масштабних проєктів.

При проведенні енергетичного аудиту розглядалась та аналізувалась можливість впровадження повного комплексу робіт по підвищенню енергетичної ефективності будівлі.

В разі впровадження окремих заходів або неповних комплектів заходів, в кожному випадку, необхідно проводити окремий техніко-економічний аналіз. Розроблена при проведенні енергетичного аудиту розрахункова енергетична (електронна) модель будівлі дає можливість оперативного аналізу та виконання техніко-економічних обґрунтувань для різних варіантів впровадження.

Заходи з підвищення енергетичної ефективності будівель мають взаємний вплив, тому диференційована оцінка ефективності впровадження для кожного заходу окремо є великою помилкою та може привести до фінансових збитків. *Не випадково ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015 встановлює таку вимогу: «Оскільки заходи можуть взаємодіяти один з одним, не можна додавати ефекти окремих заходів. Комбіновані заходи мають розглядатись одним пакетом. Також для кожного сценарію вхідні дані змінюються відповідно до запланованих заходів модернізації і знову виконується розрахунок».*

Щодо показників поточних операційних витрат (ОРЕХ).

Обслуговування будівельних конструкцій.

Постійного обслуговування потребують і будівельні конструкції і в першу чергу це стосується теплової ізоляції огороджуючих конструкцій. Це особливо актуально, враховуючи не досить високу якість робіт по тепловій ізоляції зовнішніх огорожень будівель, що пов'язане з умовами тендерів та низьким рівнем контролю за якістю робіт.

Термін міжремонтного періоду «мокрого фасаду» - від 2-х до 5-ти років.

Нормативи витрат на ремонт не встановлені однозначно. Можливо спрогнозувати, що вартість першого ремонту становить не менше 5-7% від початкової вартості. Величина витрат на ремонт суттєво залежить від якості виконання робіт по тепловій ізоляції

Щодо показників поточних операційних витрат (ОРЕХ).

Технічне обслуговування та поточний ремонт обладнання.

Технічне обладнання: автоматизована система опалення та ІТП потребують постійного технічного обслуговування та проведення поточних ремонтів, що мають проводитись кваліфікованим, спеціально навченим, персоналом.

Встановлені нормативи вартості робіт по технічному обслуговуванню відсутні.

В сучасний період технічне обслуговування об'єктів, впроваджених в рамках проєктів підвищення енергоефективності, є проблемою. Відсутні кадри, відсутні джерела фінансування, відсутнє розуміння важливості цієї проблеми. Відсутнє розуміння того, що не достатньо просто встановити сучасне вискоефективне обладнання. Ефект від впровадження такого обладнання буде отриманий лише за умов його якісного застосування, налагодження та обслуговування. Ця проблема потребує окремого вирішення шляхом створення спеціальною служби у громаді. По мірі зростання об'ємів впровадження енергоефективного обладнання потребі в такій службі буде зростати.

За середньостатистичними даними можна константувати, що вартість робіт по проведенню технічного обслуговування та проведення поточних ремонтів сучасного автоматизованого опалювального обладнання становить не менше 2-3% від початкової вартості. (Вартість обслуговування з часом зростає по мірі зносу обладнання)

Річна вартість технічного обслуговування та поточних ремонтів системи опалення та ІТП: $(455,0 + 298,4) * (0,02 - 0,03) = 15,1 - 22,6$ тис. грн.

379,6 Гкал/рік (441395 кВт*год)

8. Оцінка впровадження комплексу заходів з підвищення енергетичної ефективності за показниками викидів парникових газів (CO₂).

Максимальний потенціал скорочення споживання енергії будівлею при впровадженні повного пакету заходів становить **379,6 Гкал/рік (441395 кВт*год)**. Одночасно із скороченням споживання теплової енергії відбувається відповідне скорочення викидів вуглекислого газу (CO₂).

Згідно з пункт 10.2 ДСТУ Н Б А.2.2-13:2015 «Енергетична ефективність будівель.

Настанова з проведення енергетичної оцінки» скорочення маси викидів CO₂

розраховується за формулою:

$$\Delta m_{CO_2} = \Delta E * K_{del} * 10^{-3}, \text{ тон/рік}$$

де, $\Delta E = 441,40$ МВт*год – скорочення енергоспоживання будівлею.

$K_{del} = 277$ кг/МВт*год – коефіцієнт викидів CO₂, що визначається згідно таблиці Е1 ДСТУ Б EN 15603:2013 «Енергетична ефективність будівель. Загальне енергоспоживання та проведення енергетичної оцінки».

$$\Delta m_{CO_2} = 441,40 * 277 * 10^{-3} = 122,27 \text{ т/рік}$$

При впровадженні повного пакету заходів термомодернізації будівлі скорочення викидів CO₂ становитиме 122,27 тони щорічно.

3, Техніко – економічна оцінка впровадження заходів з підвищення енергоефективності будівлі.

Термомодернізація громадських будівель є досить «дорогим» заходом. Будь-які дії, направлені на покращення енергоефективності, вимагають значних капіталовкладень. В свою чергу капітало-вкладення (інвестиції) мають бути ефективними з економічної точки зору. Економічна ефективність інвестицій залежить від таких факторів:

- ціна на матеріали та обладнання;
- ціна трудових ресурсів, задіяних у виробничому процесі;
- ставка дисконтування – відображає вартість коштів з урахуванням фактору часу та ризиків (визначає вартість грошових потоків, що стосується майбутніх періодів);
- економія коштів на утримання будівель за рахунок зниження споживання енергії.

В останні роки показники економічної ефективності інвестицій в термомодернізацію є не досить привабливими. Причиною цього є висока вартість матеріалів та обладнання та високі ставки дисконтів.

Для об'єктивної оцінки ефективності інвестицій дуже важливо вірно

визначити ставку (норму) дисконту r .

Норма дисконту, що використовується для оцінки комерційної ефективності проєкту в цілому, може встановлюватись у відповідності до вимог мінімально допустимої дохідності коштів що інвестуються, в залежності від депозитних ставок банків першої категорії надійності, а також ставки LIBOR по річним єврокредитам.

Норма дисконту, що не включає поправки на ризики, називається безризиковою нормою дисконту.

До норм дисконту вводяться поправки на ризик. В величину поправок на ризик враховується три типи ризиків, пов'язаних з реалізацією інвестиційного проєкту:

- ризик на особливості країни;
- ризик ненадійності учасників проєкту;
- ризик неотримання передбачених проєктом доходів (технічні рішення проєкту).

При прийнятті рішення про інвестування проєкту техніко-економічні розрахунки уточнюються з використанням норми дисконту призначеного, як правило, інвестором

Відносно стабільною, але дуже низькою залишається ціна трудових ресурсів. Енергоефективність – сфера діяльності кваліфікованих фахівців. Низька оплата праці – першопричина низької якості впровадження проєктів з енергоефективності.

Більшість матеріалів та обладнання, що використовується при впровадженні термомодернізації, завозиться із за кордону. Ціна цього обладнання залежить від курсу валют. Зростання курсу валют ускладнює можливість проведення ефективної термомодернізації.

На рисунку приведений графік зростання курсу євро за останні роки.

Рисунок 7.1



Норма дисконту залежить від багатьох факторів, але одним із найбільш суттєвих є облікова ставка НБУ. Для проведення базових економічних розрахунків приймемо

в якості норми дисконту діючу у період проведення енергетичного аудиту облікову ставку НБУ. Динаміка змін облікової ставки приведена на рисунку .



Станом на 05.03.2021 р облікова ставка НБУ становить 6,5 % ($r = 0,065$)

Техніко-економічний аналіз передбачає дослідження таких показників:

- капітальні витрати (інвестиції);
- розрахункова річна економія коштів;
- простий термін окупності;
- термін життя проекту;
- дисконтований термін окупності;
- чистий дохід за термін життя проекту (чиста приведена вартість NPV);
- внутрішня норма дохідності (IRR);
- дисконтований індекс дохідності.

Розрахунок основних техніко-економічних показників для термомодернізації будівлі школи проводиться у відповідності до методики, приведеної у додатку 9.

Термін життя проекту прийнятий – **20 років**.

Техніко-економічний аналіз проводиться для варіанту комплексного впровадження заходів ЕЗЗ-1 – ЕЗЗ-6 згідно таблиці 6.6 звіту.

Капітальні витрати впровадження основного пакету заходів – **11554,65 тис. грн.**

Зниження споживання теплової енергії за рахунок впровадження заходів становить:

468,4 Гкал/рік (544651 кВт*год) (розділ 5 звіту)

Динаміка змін тарифу на теплову енергію в м. Світловодську приведена на рисунку.



Враховуючи загальну динаміку росту тарифів можливо передбачити, що у період впровадження заходів тариф на теплову енергію становитиме **2250 грн/Гкал**. Тоді річна економія коштів від впровадження комплексу заходів становитиме: $468,4 * 2250 * 10^{-3} = 1053,9$ тис. грн.

Розрахунки показників економічної ефективності виконані з використанням електронних таблиць на основі згаданої вище методики та приведених вище вихідних даних. Дані розрахунку та графік грошових потоків приведені на рисунку.

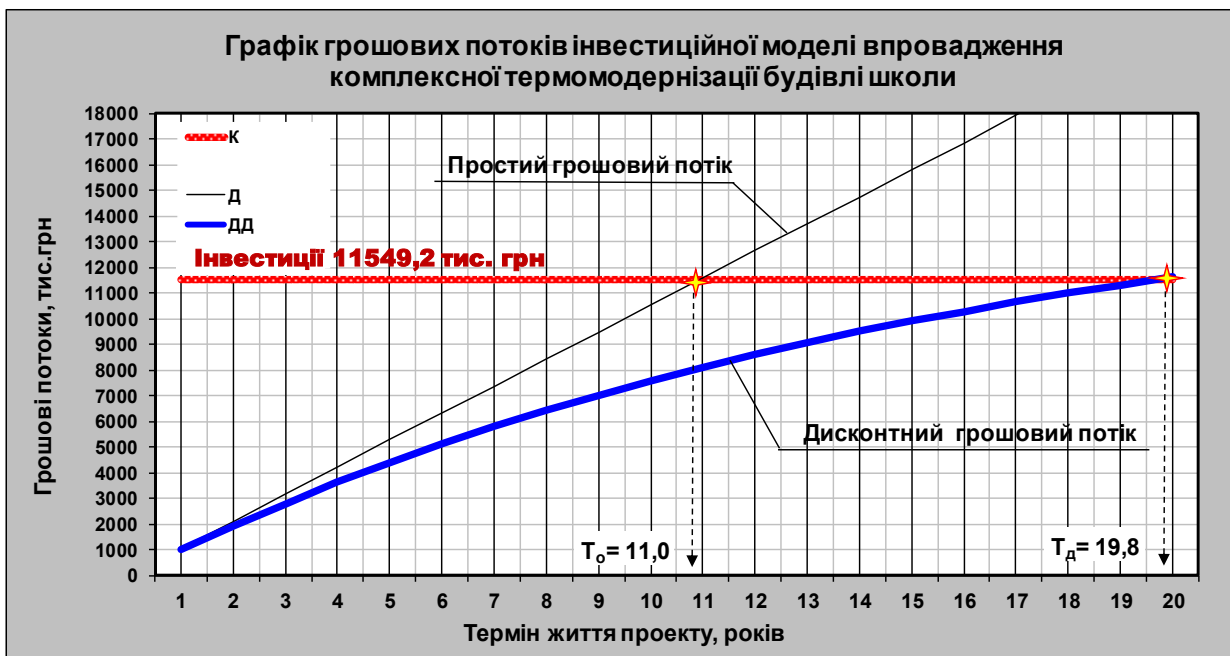
ЗАГАЛЬНІ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ КОМПЛЕКСНОЇ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ БУДІВЛІ СВІТЛОВОДСЬКОЇ СЗОШ №3

норма дисконту – 6,5%

1. Вартість енергозберігаючих заходів (інвестиції)..... $K = 11554,7$ тис. грн
2. Щорічний проміжний дохід (економія коштів)..... $\Delta D = 1053,9$ тис. грн
3. Розрахункова норма дисконту..... $r = 0,0650$
4. Простий (бездисконтний) термін окупності..... $T_o = 11,0$ років
5. Дисконтний строк окупності: $T_d = -\ln(1 - T_o r) / \ln(1 + r) = 1,25 / 0,06$ $T_d = 19,8$ років

Повний простий (бездисконтний) дохід ($D_{\text{тсл}}$) визначається за формулою: $D_{\text{тсл}} = \Delta D_1 + \Delta D_2 + \dots + \Delta D_{\text{тсл}}$

№ п/п	Найменування показників	Позначення	Проміжний щорічний дохід, тис. грн																			
			(з підсумком з в рахуванням попередніх років - по рокам)																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Бездисконтний дохід	Д	1054	2108	3162	4216	5270	6323	7377	8431	9485	10539	11593	12647	13701	14755	15809	16862	17916	18970	20024	21078
2	Дисконтований дохід	ДД	990	1919	2791	3610	4380	5102	5780	6417	7015	7576	8103	8598	9063,3	9500	9909	10294	10656	10995	11313	11612



Чистий дисконтний дохід: $ЧДД = ДД_{\text{тсл}} - K = 11612 - 11555 = 57,8$ т. грн (Чиста приведена вартість NPV)

Індекс дохідності дисконтний: $ІД_d = ДД_{\text{тсл}} / K = 11612 / 11555 = 1,00$

Внутрішня норма дохідності: $IRR = 6,6 \%$

Аналіз проведених розрахунків та графіка грошових потоків показує, що економічні показники повного об'єму впровадження комплексної термомодернізації для інвестора є непривабливими.

Графік наглядно ілюструє, що дисконтований (реальний) термін повернення інвестицій становить біля 20 років.

Показники, що характеризують ефективність інвестицій виглядають наступним чином:

- простий термін повернення інвестицій 11,0 років
- дисконтований термін повернення інвестицій 19,8 років
- чиста приведена вартість NPV 57,8 тис. грн
- внутрішня норма дохідності IRR 6,6%
- дисконтований індекс дохідності 1,0

За існуючих умов залучення інвесторів для проведення комплексної термомодернізації є неможливим.

Умови інвестування потенційного проєкту невідомі. Невідома процентна ставка кредитування та інші умови, що впливають на норму дисконту. Тому додатково виконаємо розрахунки для різних значень норми дисконту: 2%; 4%; 10%. Результати розрахунків приведені в таблиці .

№ п/п	Найменування показників	Розмірність	Значення показників			
			r = 2,0%	r = 4,0%	r = 6,5%	r = 10,0%
1	Капітальні витрати (CAPEX)	тис. грн	11554,65			
2	Річна економія	тис. грн	1053,9			
4	Простий термін окупності	років	11,0			
5	Дисконтований термін окупності	років	12,5	14,7	19,8	більше 20 р
6	Чиста приведена вартість NPV	тис. грн	5678,1	2768,2	57,8	-2582,2
7	Внутрішня норма дохідності IRR	%	6,6	6,6	6,6	6,6
8	Індекс дохідності дисконтований	-	1,49	1,24	1,0	0,78

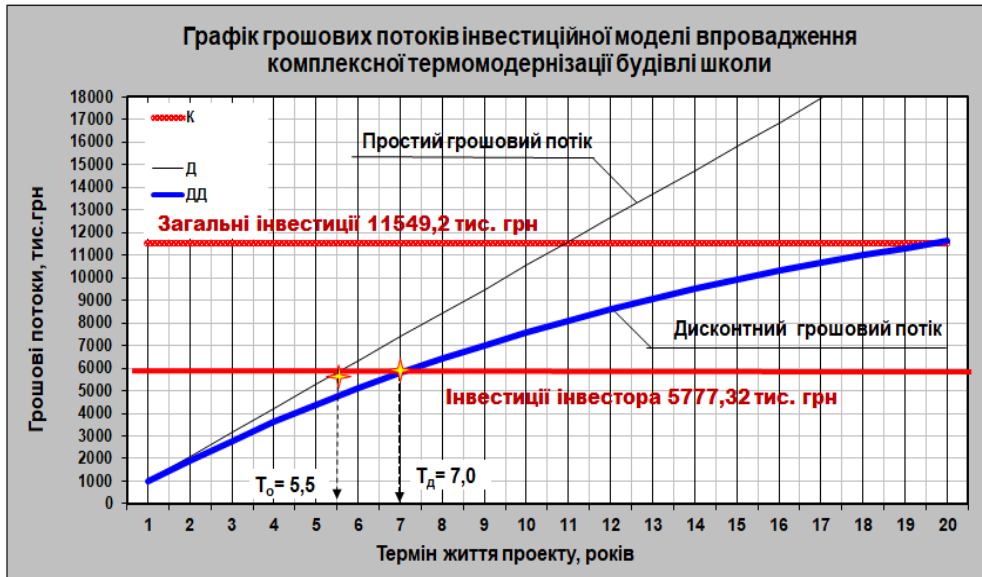
В таких умовах питання проведення комплексної термомодернізації можливо вирішувати шляхом реалізації моделей державно-приватного партнерства. Особливістю для цієї моделі є те, що частина інвестицій здійснюється державою (громадою), а іншу частину інвестицій бере на себе інвестор. Прибуток від реалізації проєкту ділиться пропорційно інвестиціям.

Розглянемо один із можливих варіантів, наприклад, варіант, при якому інвестор бере на себе 50% інвестицій, а решта – інвестиції громади (муніципалітету):

- муніципалітет інвестує у проєкт 5777,33 тис. грн;
- інвестор інвестує 5777,32. грн

Всього: 11554.65 тис. грн

На рисунку приведений графік грошових потоків цього варіанту інвестування при тій же нормі дисконту 6,5%. За таких умов інвестор, вклавши 5,777 млн. грн, зможе їх повернути та отримати прибуток через 7,0 років (дисконтний термін окупності $T_d = 7,0$ роки).



ЗАГАЛЬНІ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ КОМПЛЕКСНОЇ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ БУДІВЛІ ОСНОВНОЇ ШКОЛИ СВІТЛОВДСЬКОГО НВК №4

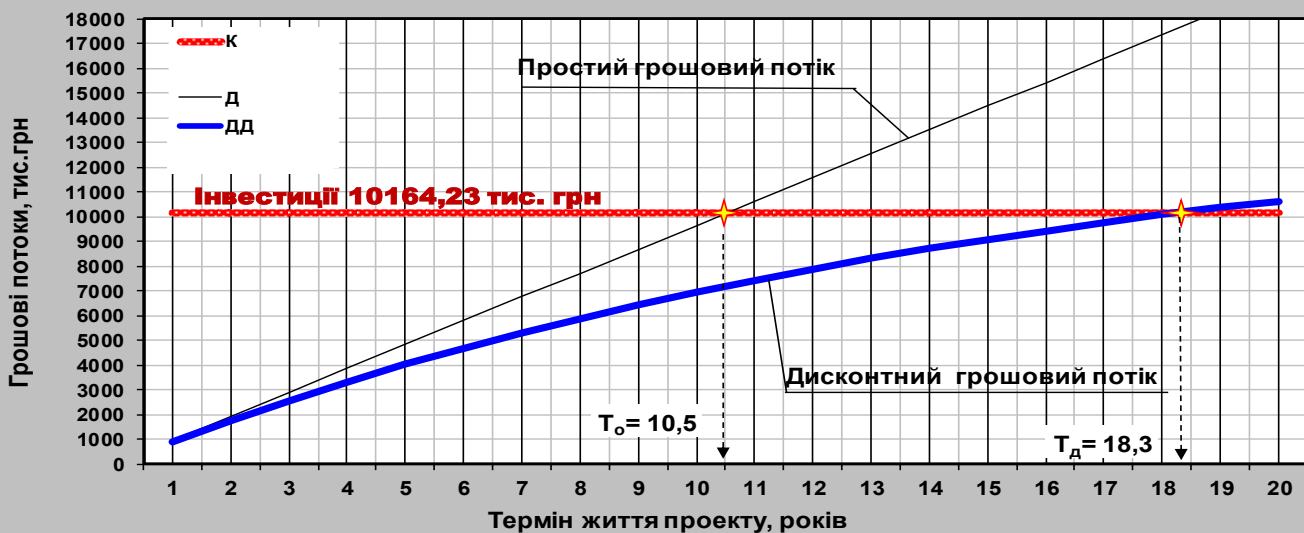
норма дисконту – 6,5%

1. Вартість енергозберігаючих заходів (інвестиції)..... $K = 10164,2$ тис. грн
2. Щорічний проміжний дохід (економія коштів)..... $\Delta D = 965,3$ тис. грн
3. Розрахункова норма дисконту..... $r = 0,0650$
4. Простий (бездисконтний) термін окупності..... $T_o = 10,5$ років
5. Дисконтний строк окупності: $T_d = -\ln(1 - T_o r) / \ln(1 + r) = 1,15 / 0,06$ $T_d = 18,3$ років

Повний простий (бездисконтний) дохід ($D_{Тсл}$) визначається за формулою: $D_{Тсл} = \Delta D_1 + \Delta D_2 + \dots + \Delta D_{Тсл}$

№ п/п	Найменування показників	Позначення	Проміжний щорічний дохід, тис. грн																			
			(з підсумком з в рахуванням попередніх років - по рокам)																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Бездисконтний дохід	Д	965	1931	2896	3861	4826	5792	6757	7722	8687	9653	10618	11583	12548	13514	14479	15444	16409	17375	18340	19305
2	Дисконтований дохід	ДД	906	1757	2556	3307	4011	4673	5294	5877	6425	6939	7422	7875	8300,9	8701	9076	9428	9759	10070	10362	10636

Графік грошових потоків інвестиційної моделі впровадження комплексної термомодернізації будівлі основної школи



Чистий дисконтний дохід: $ЧДД = ДД_{Тсл} - K = 10636 - 10164 = 471,4$ т. грн (Чиста приведена вартість NPV)

Індекс дохідності дисконтний: $ІД_d = ДД_{Тсл} / K = 10636 / 10164 = 1,05$

Внутрішня норма дохідності: $IRR = 7,1 \%$

Аналіз проведених розрахунків та графіка грошових потоків показує, що економічні показники повного об'єму впровадження комплексної термомодернізації для інвестора є непривабливими.

Графік наглядно ілюструє, що дисконтований (реальний) термін повернення інвестицій становить біля 20 років.

Показники, що характеризують ефективність інвестицій виглядають наступним чином:

- простий термін повернення інвестицій10,5 років
- дисконтований термін повернення інвестицій 18,3 років
- чиста приведена вартість NPV 471,4 тис. грн
- внутрішня норма дохідності IRR7,1%
- дисконтований індекс дохідності1,05

За існуючих умов залучення інвесторів для проведення комплексної термомодернізації є неможливим.

Умови інвестування потенційного проєкту невідомі. Невідома процентна ставка кредитування та інші умови, що впливають на норму дисконту. Тому додатково виконаємо розрахунки для різних значень норми дисконту: 2%; 4%;10%.

Результати розрахунків приведені в таблиці.

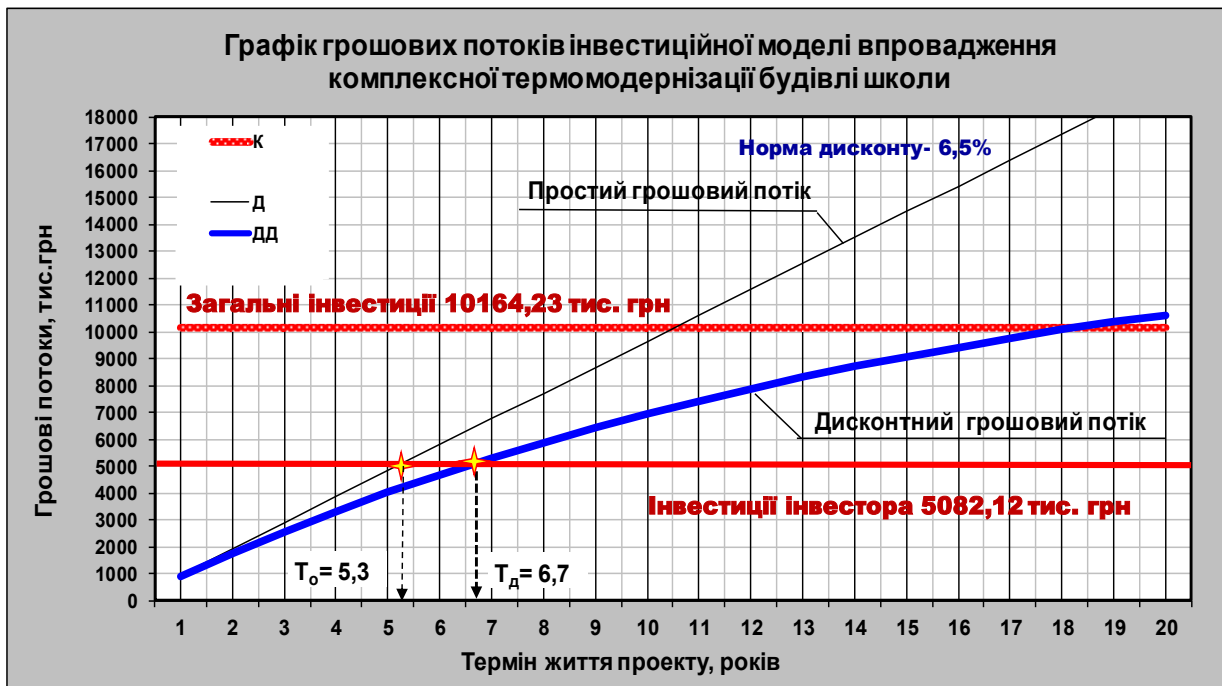
№ п/п	Найменування показників	Розмірність	Значення показників			
			r = 2,0%	r = 4,0%	r = 6,5%	r = 10,0%
1	Капітальні витрати (CAPEX)	тис. грн	10164,23			
2	Річна економія	тис. грн	965,25			
4	Простий термін окупності	років	10,5			
5	Дисконтований термін окупності	років	11,9	13,9	18,3	більше 20 р
6	Чиста приведена вартість NPV	тис. грн	5619,0	2953,8	471,4	-1946,5
7	Внутрішня норма дохідності IRR	%	7.1	7.1	7.1	7.1
8	Індекс дохідності дисконтований	-	1,55	1,29	1,05	0,81

В таких умовах питання проведення комплексної термомодернізації можливо вирішувати шляхом реалізації моделей державно-приватного партнерства. Особливістю для цієї моделі є те, що частина інвестицій здійснюється державою (громадою), а іншу частину інвестицій бере на себе інвестор. Прибуток від реалізації проєкту ділиться пропорційно інвестиціям.

Розглянемо один із можливих варіантів, наприклад, варіант, при якому інвестор бере на себе 50% інвестицій, а решта – інвестиції громади (муніципалітету):

- муніципалітет інвестує у проєкт 5082,12 тис. грн;
 - інвестор інвестує 5082,12 грн
- Всього: 10164,24 тис. грн

На рисунку приведений графік грошових потоків цього варіанту інвестування при тій же нормі дисконту 6,5%. За таких умов інвестор, вклавши 5,082 млн. грн, зможе їх повернути та отримати прибуток через 6,7 років (дисконтний термін окупності $T_d = 6,7$ роки).



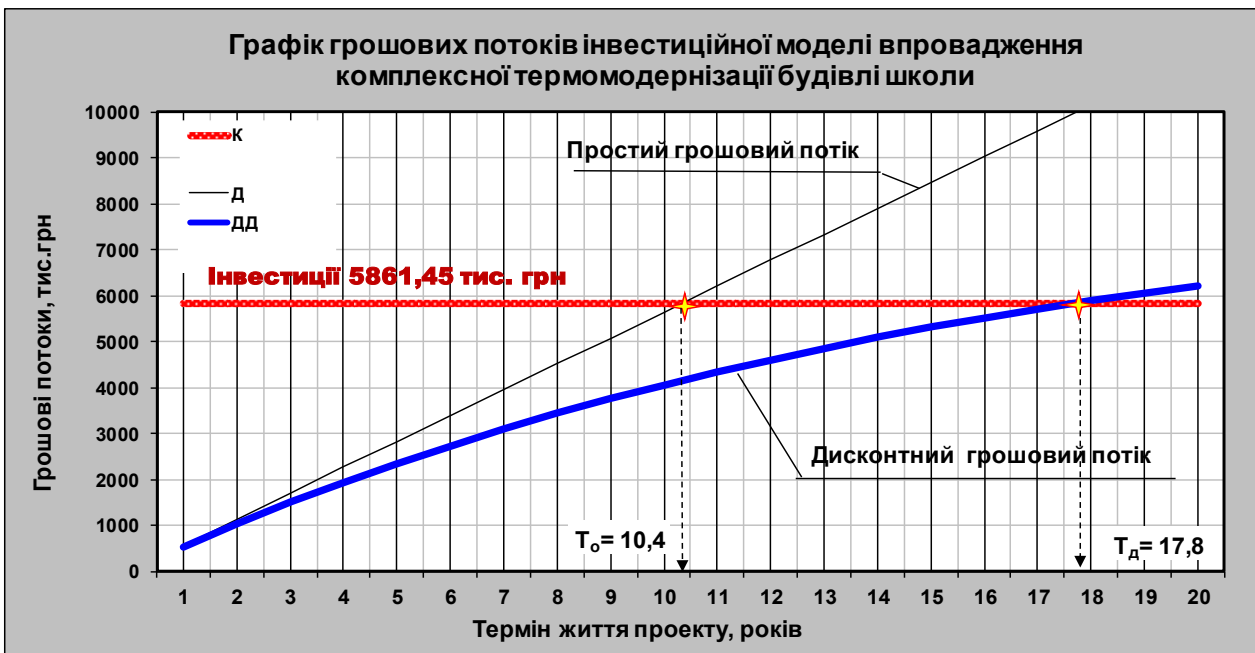
ЗАГАЛЬНІ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ КОМПЛЕКСНОЇ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ БУДІВЛІ ПОЧАТКОВОЇ ШКОЛИ СВІТЛОВДСЬКОГО НВК №4

норма дисконту – 6,5%

- | | | |
|---|--------------|------------------------|
| 1. Вартість енергозберігаючих заходів (інвестиції)..... | K = | 5861,5 тис. грн |
| 2. Щорічний проміжний дохід (економія коштів)..... | $\Delta D =$ | 564,5 тис. грн |
| 3. Розрахункова норма дисконту..... | r = | 0,0650 |
| 4. Простий (бездисконтний) термін окупності..... | $T_o =$ | 10,4 років |
| 5. Дисконтний строк окупності: $T_d = -\ln(1 - T_o r) / \ln(1 + r) = 1,12 / 0,06$ | $T_d =$ | 17,8 років |

Повний простий (бездисконтний) дохід ($D_{Тсл}$) визначається за формулою: $D_{Тсл} = \Delta D_1 + \Delta D_2 + \dots + \Delta D_{Тсл}$

№ п/п	Найменування показників	Позначення	Проміжний щорічний дохід, тис. грн																			
			(з підсумком з в рахуванням попередніх років - по рокам)																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Бездисконтний дохід	Д	565	1129	1694	2258	2823	3387	3952	4516	5081	5645	6210	6774	7338,9	7903	8468	9032	9597	10162	10726	11291
2	Дисконтований дохід	ДД	530	1028	1495	1934	2346	2733	3096	3437	3758	4058	4341	4606	4854,8	5089	5308	5514	5708	5889	6060	6220



Чистий дисконтний дохід: $ЧДД = DD_{Тсл} - K = 6220 - 5861 = 358,8$ т. грн (Чиста приведена вартість NPV)

Індекс дохідності дисконтний: $ІД_d = DD_{Тсл} / K = 6220 / 5861 = 1,06$

Внутрішня норма дохідності: $IRR = 7,3 \%$

Аналіз проведених розрахунків та графіка грошових потоків показує, що економічні показники повного об'єму впровадження комплексної термомодернізації для інвестора є непривабливими.

Графік наглядно ілюструє, що дисконтований (реальний) термін повернення інвестицій становить біля 18 років.

Показники, що характеризують ефективність інвестицій виглядають наступним чином:

- простий термін повернення інвестицій10,4 років
- дисконтований термін повернення інвестицій 17,8 років
- чиста приведена вартість NPV 358,8 тис. грн
- внутрішня норма дохідності IRR 7,3 %
- дисконтований індекс дохідності 1,06

За існуючих умов залучення інвесторів для проведення комплексної термомодернізації є неможливим.

Умови інвестування потенційного проєкту невідомі. Невідома процентна ставка кредитування та інші умови, що впливають на норму дисконту. Тому додатково виконаємо розрахунки для різних значень норми дисконту: 2%; 4%;10%.

Результати розрахунків приведені в таблиці.

№ п/п	Найменування показників	Розмірність	Значення показників			
			r = 2,0%	r = 4,0%	r = 6,5%	r = 10,0%
1	Капітальні витрати (CAPEX)	тис. грн	5861,45			
2	Річна економія	тис. грн	564,53			
4	Простий термін окупності	років	10,4			
5	Дисконтований термін окупності	років	11,8	13,7	17,8	більше 20 р
6	Чиста приведена вартість NPV	тис. грн	3369,4	1810,7	358,8	-1055,3
7	Внутрішня норма дохідності IRR	%	7,3	7,3	7,3	7,3
8	Індекс дохідності дисконтований	-	1,57	1,31	1,06	0,82

В таких умовах питання проведення комплексної термомодернізації можливо вирішувати шляхом реалізації моделей державно-приватного партнерства. Особливістю для цієї моделі є те, що частина інвестицій здійснюється державою (громадою), а іншу частину інвестицій бере на себе інвестор. Прибуток від реалізації проєкту ділиться пропорційно інвестиціям.

Розглянемо один із можливих варіантів, наприклад, варіант, при якому інвестор бере на себе 50% інвестицій, а решта – інвестиції громади (муніципалітету):

- муніципалітет інвестує у проєкт ... 2930,73 тис. грн;
 - інвестор інвестує 2930,73 тис. грн
- Всього: 5861,46 тис. грн

На рисунку приведений графік грошових потоків цього варіанту інвестування при тій же нормі дисконту 6,5%. За таких умов інвестор, вклавши 2,931 млн. грн, зможе їх повернути та отримати прибуток через 6,5 років (дисконтний термін окупності $T_d = 6,5$ роки).



5.Збірна інформація з виконання енергоаудитів.

№ п/п	Найменування показників	Розмірність	Школа №1	Школа №2	Школа №3	НБК № 4	
						основна	початкова
1	Дата здачі в експлуатацію		1957	1958	1959	1963	
2	Опалювальна площа	м ²	1816,7	3778	3629,5	3529,3	1375,8
3	Опалювальний об'єм	м ³	6635,7	14999	12825	13772,6	4333,8
4	Кількість поверхів		3	4	3	4	2
5	Розрахункова кількість місць		354-400	800 (550)	500-600	377-500	276
6	Фактична кількість учнів		241	520	540	298	242
7	Фактична опалювальна площа у розрахунку на 1 учня	м ² /учень	7,5	7,3	6,7	11,8	5,7
8	Коефіцієнт скління фасадів		0,24	0,26	0,35	0,28	0,23
9	Показник компактності будівлі		0,35	0,29	0,4	0,34	0,57
10	Граничне значення питомого енергоспоживання	кВт*год/м ³	43,30	39,95	46,00	42,70	55,35
11	Показник питомого енергоспоживання при опаленні і охолодж. - в тому числі при опаленні	кВт*год/м ³	63,3	52,4	68,6	58,8	96,6
			48,3	37,4	53,6	43,8	81,5
12	Клас енергетичної ефективності будівлі		F	E	F	F	G
13	Капітальні витрати на впровадження комплексної термомодерн.	тис. грн	5297,00	9259,40	11554,70	10164,20	5861,45
14	Питомі капітальні витрати (на 1 м ² опалювальної площі)	тис. грн/м ²	2,92	2,45	3,18	2,88	4,26
15	Економія від впровадження компл. Термомодернізації	тис. грн	489,38	854,1	1053,9	965,3	564,53
16	Простий термін повернення інвестицій	років	10,8	10,8	11,0	10,5	10,4
17	Дисконтний термін повернення інвестицій (r = 6,5 %)	років	19,3	19,4	19,8	18,3	17,8
18	Теплові навантаження на системи опалення будівель						
	- фактичне існуюче	кВт	87	258	308	296	150
	- розрахункове (для сертифікації)	кВт	167	301	364	325	173
	- після впровадження комплексної термомодерніз.	кВт	60	111	132	112	50
19	Енергоспоживання для опалення та обміну повітря						
	- фактичне існуюче (2018 рік)	Гкал/рік	128,6	333,0	382,0	377,0	205,0
	- розрахункове (для сертифікації)	Гкал/рік	275,8	481,9	591,4	519,1	303,8
	- після впровадження комплексної термомодернізац.	Гкал/рік	58,1	102,3	123,0	90,1	52,9
20	Середній за опалювальний період повітрообмін (кратність)						
	- фактичний (2018 р)	крат	0,1	0,1	0,05	0,08	0,1
	- розрахунковий (оптимальний)	крат	0,36	0,31	0,37	0,24	0,5
21	Розрахункова продуктивність механічної вентиляції (з реперац)	м ³ /год	9850	17274	19692	13770	9295
22	Кратність повітрообміну механічної вентиляції (нової)	крат	1,48	1,15	1,54	1,00	2,14

Короткі коментарі до проведеного енергоаудиту 5-ти шкіл міста Світловодська

1. До складу інвестицій, необхідних для впровадження комплексної термомодернізації, входять лише кошти, що забезпечують впровадження виключно заходів з підвищення енергоефективності будівель. Питомі інвестиції для цих заходів становлять 90-130 євро/м². В той же час для комплексного впровадження заходів з підвищення енергоефективності необхідне виконання робіт (капітальний ремонт), що забезпечують необхідний життєвий цикл будівель. Капітальні ремонти у будівлях шкіл не проводився біля 60 років, тому перелік робіт, обов'язкових до виконання, може бути суттєвим. Склад цих робіт встановлюється після виконання технічного обстеження будівель. До складу цих робіт можуть входити такі роботи: - ремонт фасадів (наявність тріщин); - ремонт вимощення будівель; - роботи по підсиленню несучої здатності конструкцій будівель; - ремонт вхідних сходів (зовнішніх) та ганків; - заміне перемичок над віконними отворами; - ремонт покрівпель (із зміною токсичних азбестових матеріалів); - будівельні роботи пов'язані із організацією інклюзивного навчання (облаштування пандусів, поручень та інш.); - ремонт вентиляційних каналів природної витяжної вентиляції та вентиляційних шахт та ремонт вентиляції кухонь; - ремонт волопровідно-каналізаційних систем; - інші роботи. Повна вартість впровадження комплексної термомодернізації буде значно вищою, ніж вартість впровадження виключно спеціальних заходів з

2. У всіх будівлях шкіл, що входили до складу об'єктів проведення енергетичного аудиту, якість забезпечення мікрокліматичних умов вкрай низька та характеризується низьким рівнем температурного режиму (значно нижче оптимальних вимог) та низьким повітрообміном, що є причиною забруднення повітря та захворюваності дітей. Забезпечення необхідного рівня чистоти повітря у приміщеннях порушено через руйнування витяжних систем вентиляції та встановлення герметичних віконних блоків.

Суттєвою причиною неякісного температурного режиму є якість функціонування системи центрального тепlopостачання міста.

3. Комплексне впровадження заходів з термомодернізації обіцяє значне скорочення енергоспоживання. Але необхідно розуміти, що задеклароване енергоаудитом скорочення енергоспоживання можливе за умов досягнення герметичності будівель, скорочення до мінімуму природного повітрообміну (інфільтрації) та при впровадженні високоефективних автоматизованих систем механічної вентиляції із утилізацією тепла витяжного повітря. Без використання цієї умови економічний та санітарно-гігієнічний ефект буде значно нижчий.

4. Через руйнування систем природної та механічної вентиляції фактичний повітрообмін у існуючих будівлях шкіл (середній за опалювальний період) становить $K = 0,05 - 0,1$ крати. (кратність повітрообміну встановлена шляхом проведення натурних обстежень та аналізу теплового балансу будівель).

Розрахункова кратність повітрообміну (середня за опалювальний період), визначена у відповідності до санітарно-гігієнічних вимог, має становити $K = 0,3 - 0,5$ крати. Розрахунковий повітрообмін залежить від геометричних характеристик будівель та кількості людей, що постійно перебувають у будівлях.

Після впровадження термомодернізації природний повітрообмін (інфільтрація) має бути знижений до мінімуму, а повітрообмін має здійснюватись механічною вентиляцією лише в періоди перебування людей у приміщеннях. При цьому продуктивність вентиляції має змінюватись в залежності від кількості людей у приміщеннях. Розрахункова максимальна продуктивність механічної вентиляції, обладнаної утилізаторами тепла, має забезпечувати у будівлях шкіл кратність повітрообміну $K = 1,0 - 2,0$ крати в залежності від особливостей будівлі та організації учбового процесу.

5. Найнижчий рівень енергоефективності веред досліджених будівель міста Світловодська має будівля початкової школи НВК №4. Причиною цього є недостатній тепловий захист огорожень будівлі та високе значення показника компактності будівлі. У згаданій будівлі на кожний кубічний метр опалювального об'єму припадає $0,57 \text{ м}^3$ площі зовнішніх огорожень, тоді як в школах №1, №2, №3 та в основній будівлі НВК цей показник відповідно становить 0,35, 0,29, 0,4 та $0,34 \text{ м}^2/\text{м}^3$.

7. Вартість модернізації систем опалення та впровадження ІТП визначені для варіанту комплексного впровадження термомодернізації, тобто за умов коли розрахункова

теплова потужність цих систем буде в 2 - 2,5 рази нижчою, ніж теплова потужність існуючих систем опалення. В разі поетапного впровадження заходів при впровадженні ГТП і модернізації систем опалення до комплексного утеплення зовнішніх огорожень будівель, вартість цих робіт буде значно вищою (підлягає додатковому уточненню).

7. На показники енергоефективності та на якість мікроклімату у приміщеннях впливає ступінь заповненості шкіл. В школах міста цей показник не достатньо аналізується та не досить якісно визначається. Норма площі опалювальних приміщень на 1-го учня фактичної чисельності коливається в межах від 11,8 м²/учень до 5,7 м²/учень.

Некоректне визначення нормативної кількості місць у школі та перевищення цього нормативу негативно впливає на показники енергетичної ефективності - чим менша питома площа опалювальних приміщень, що припадає

8. Енергетичний аудит шкіл, згідно умов договору, виконувався як експрес-аудит, тобто як аудит, що допускає застосування дещо спрощених методів аналізу. Такий статус енергетичного аудиту не вплинув на методологію визначення енергоспоживання та проведення енергетичних оцінок при опаленні, організації повітрообміну, гарячому водопостачанні та освітленні. Згадані вище розрахунки виконані у відвідносності до діючих у Україні вимог, що застосовуються при проведенні енергетичної сертифікації будівель.

Метод оцінок, а не метод детальних громіздких розрахунків, застосований для визначення енергоспоживання системами охолодження будівель шкіл. Згаданий метод щодо охолодження відповідає умовам договору та застосований виходячи з того, що охолодження для шкіл, зважаючи на графік та режим їх роботи, не є достатньо актуальним. Неактуальність застосування охолодження у школах (на цьому етапі розвитку нашого суспільства) підтверджується опитуванням персоналу багатьох шкіл в різних регіонах України. Не випадково європейський стандарт, що має статус українського національного нормативного документа, ДСТУ Н Б А.2.2-13:2015 "Настанова з проведення енергетичної оцінки будівель" не рекомендує включати енергоспоживання при охолодженні до енергоспоживання будівель шкіл для оцінки енергетичних характеристик будівель.

Общеобразовательная средняя школа I-III ступеней №10, тип Н

г. Светловодск (Кировоградская область, Украина)

1. Расположение. Климат

В этом документе представлен краткий обзор начальной части проекта повышения энергоэффективности до стандарта EnerPHit с использованием технологий поэтапной модернизации, которая планируется для средней школы I-III степени № 10, тип Н, расположенной в городе Светловодск (Кировоградская область, Украина).

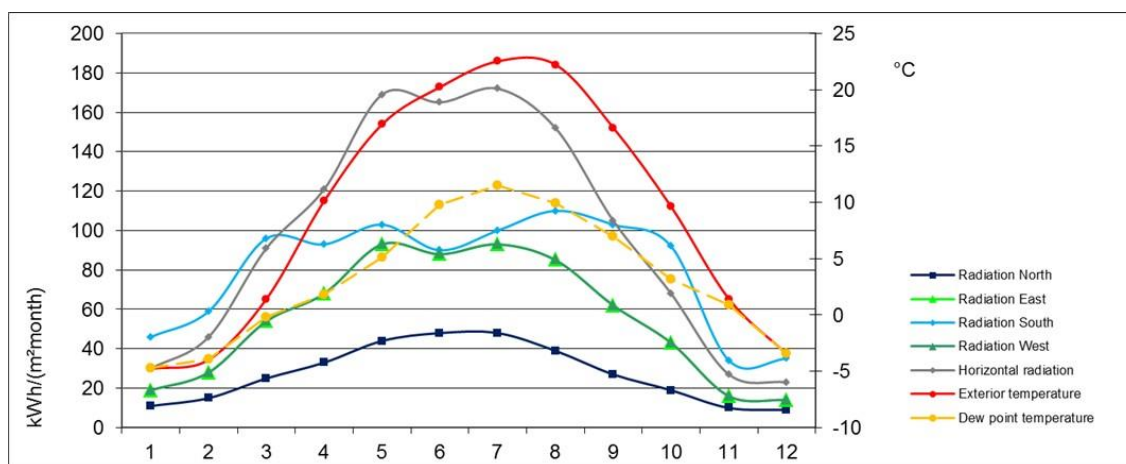
Город Светловодск расположен на правом берегу Кременчугского водохранилища реки Днепр, Украина. Водоохранилище было создано в 1959 году

при строительстве Кременчугской ГЭС. Это самый б ольшой по площади водоем в Украине. Строительная площадка средней школы №10 (высота 134 м) расположена на северном склоне холма, на расстоянии 320 м от берега водохранилища (высота 77 м).

Климат континентальный, умеренно прохладный (по классификации РНІ: прохладно- умеренный климат), с высокой влажностью, особенно в холодное время года. Средняя температура января -5,4 °С, июля +21,4 °С. Среднегодовое количество осадков составляет 450 мм. Климат предлагает значительную солнечную радиацию даже в зимние месяцы.

Для предварительных расчетов РНРР использовался набор климатических данных, сгенерированных с помощью Инструмента климатических данных для местоположения школы. Этот инструмент был разработан Институтом Пассивного Дома (РНІ, Германия). Сгенерированные климатические данные разрешены РНІ для использования на предварительной стадии проектирования. В случае сертификации здания Институтом Пассивного Дома, рекомендовано использование климатических данных, проверенных и утвержденных РНІ.

1 Таблица климатических данных РНРР



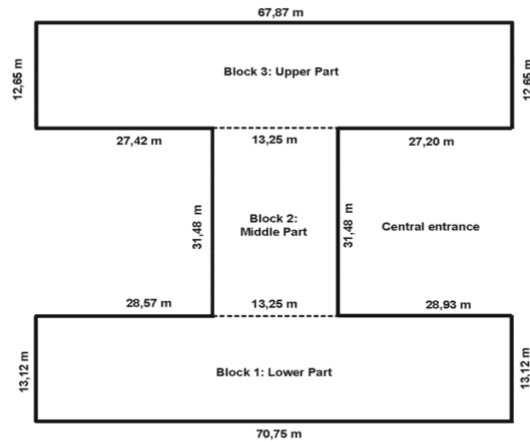
	Data for heating		Data from monthly balance	
	Annual method	Heating	Cooling	
Heating / cooling period	203	212	153	d/a
Heating / cooling degree hours	93	97	-22	kKh/a
Radiation North	109	122	207	kWh/(m²·a)
Radiation East	215	228	407	kWh/(m²·a)
Radiation South	418	454	506	kWh/(m²·a)
Radiation West	215	257	434	kWh/(m²·a)
Horizontal radiation	358	406	763	kWh/(m²·a)

2. Описание существующего здания школы

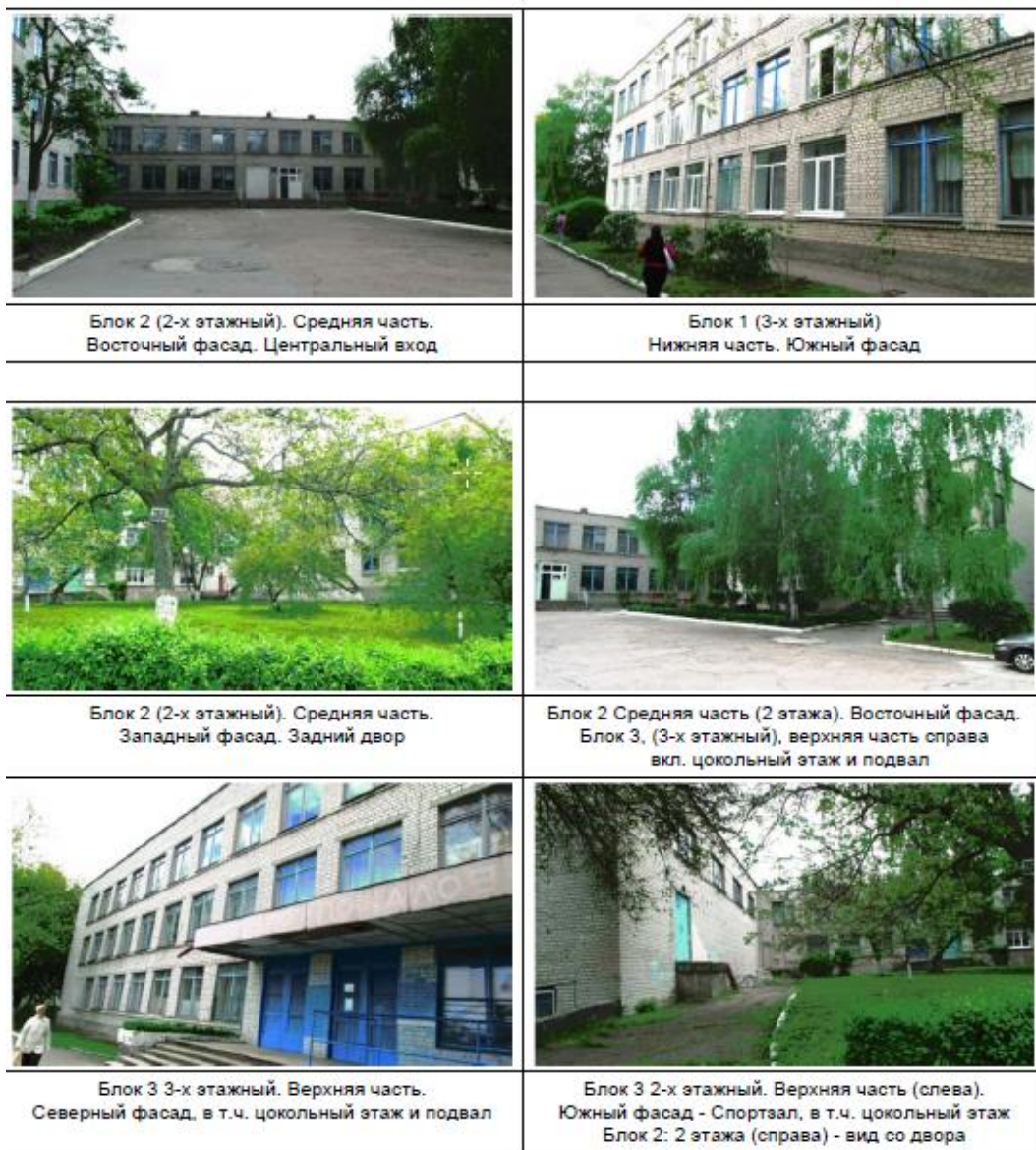
Год постройки здания школы (предвар.: типовой проект 2с-02-8) - 1971. Здание состоит из двух-трехэтажных блоков, соединенных в Н-образной форме; цокольный этаж, часть стен которого находится под землей, а также подвал - под частью цокольного этажа.

Площадь отапливаемого пола существующего здания ТФА (или полезная площадь): Общая ТФА всего здания - 5889,0 м². Площадь неотапливаемого подвала исключена из расчетов РНРР.

Secondary school I-III degrees #10, H-type



Geroiv Ukrainy Street, 55
Svitlovods'k, Ukraine



а) Зонирование школы

- **Блок №1** (3-х этажный): классы с большими окнами на южном фасаде, рекреации (зоны отдыха) с большими окнами на северном фасаде, две лестничные клетки соками, выходящими на север, туалеты с маленькими окнами (запад и восток).

- **Блок №2** (2-х этажный): Главный (центральный) вход, лаборатории, кабинеты, кабинет директора, учительская. Большие окна, расположенные на обеих внешних стенах, выходят на запад и восток.

- **Блок №3** (2-х и 3-х этажный, частично с подвалом): 3-х этажный, вкл. цокольный этаж - классы, учебные мастерские, столовая, лестничные клетки и туалеты.

Первый этаж - спортзал (высота в свету - 7,3 м). Большие и маленькие окна, расположенные на обеих внешних стенах, выходят на север и юг. Южная стена

цокольного этажа находится под землей. В лестничных клетках - большие окна изстеклоблоков.

Здание школы выполнено из массивных конструкций. Наружные несущие стены ограждающих конструкций: кладка из силикатного кирпича (толщина - 510 мм), покрытая изнутри штукатуркой (толщина - 20 мм, общая толщина стен - 530 мм) - без утепления. Внутренние несущие стены: кладка из силикатного кирпича (толщина - 510 мм), покрытая с двух сторон штукатуркой (толщина - 20 мм, общая толщина - 550 мм).

Межэтажные перекрытия и кровельные плиты: стандартные железобетонные плиты скруглыми пустотами (толщина 220 мм).

Все блоки здания имеют плоские крыши с тонким слоем утеплителя, который находится в плохом состоянии из-за дождевых вод, которые собираются и стекают с крыш в водосточную систему (трубы диаметром 100 мм), расположенную внутри стен здания.

в) Состояние конструкций

С 1971 года по настоящее время в здании школы почти ежегодно проводился умеренный косметический ремонт. Также были выполнены некоторые крупные ремонтные работы (год – не известен), во время которых большие окна спортзала были частично заложены кирпичной кладкой (2/3 части по высоте). Одно большое окно (блочное остекление) лестничной клетки цокольного этажа блока №3 (восточный фасад) было полностью заделано кладкой. И одно большое окно мастерской, расположенное на северном фасаде цокольного этажа, также было полностью заложено кирпичной кладкой.

Кладка наружной оболочки здания в плохом состоянии, с множеством трещин и полостей в цементно-песчаном растворе, без изоляции, с множеством тепловых мостиков

с) Отопление и условия

В холодное время года школа отапливается от центрального отопления (газ). Система отопления двухтрубная, имеется 254 батареи (чугунные). Тепловой пункт находится в помещении цокольного этажа. Система отопления не промывалась около 15 лет и полностью забита. В некоторых классах греется всего 2-3 секции батарей или только их верхняя часть. Кроме того, перед каждой батареей были предусмотрены регулирующие клапаны и байпасы. Такая конструкция при отсутствии промывки привела к полной разбалансировке системы отопления. Когда из-за засорения секций и неисправной арматуры горячая вода течет через байпас, минуя батареи. Кроме того, в цокольном этаже

обратная магистраль конструктивно расположена на 40-50 см ниже отстойника. Это привело к его полному зашлаковыванию и практически отсутствию обогрева в этой части цокольного этажа.

Температура зимой в классах 14-16 °С, а в подсобных помещениях цокольного этажа и мастерских температура иногда опускается ниже +10 °С. Под частью цокольного этажа находится неотапливаемый подвал с помещениями высотой в свету 2,1 м.

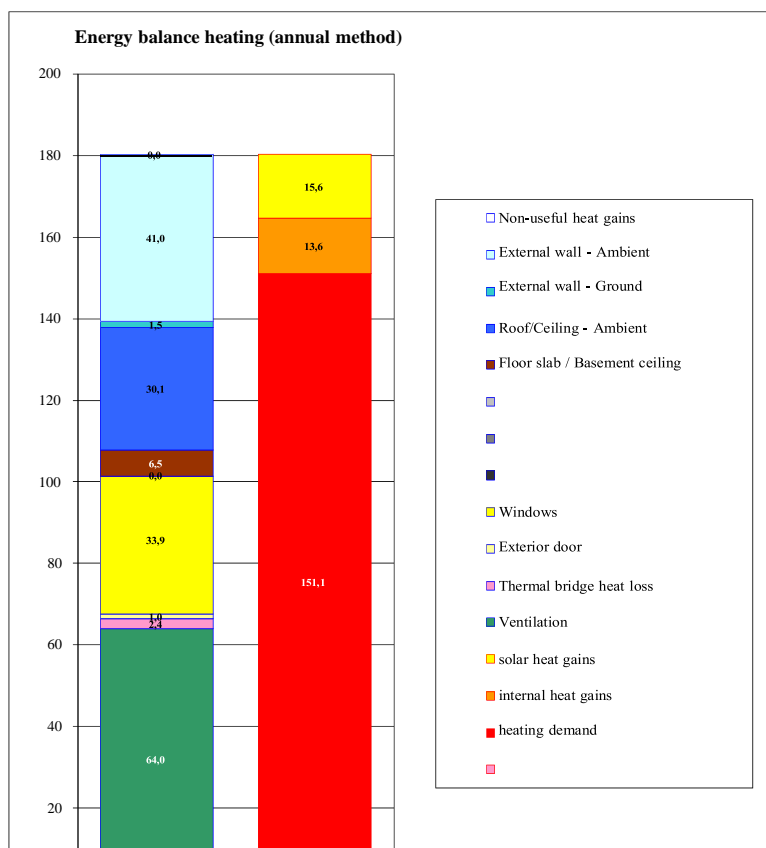
3. Расчет энергетического баланса

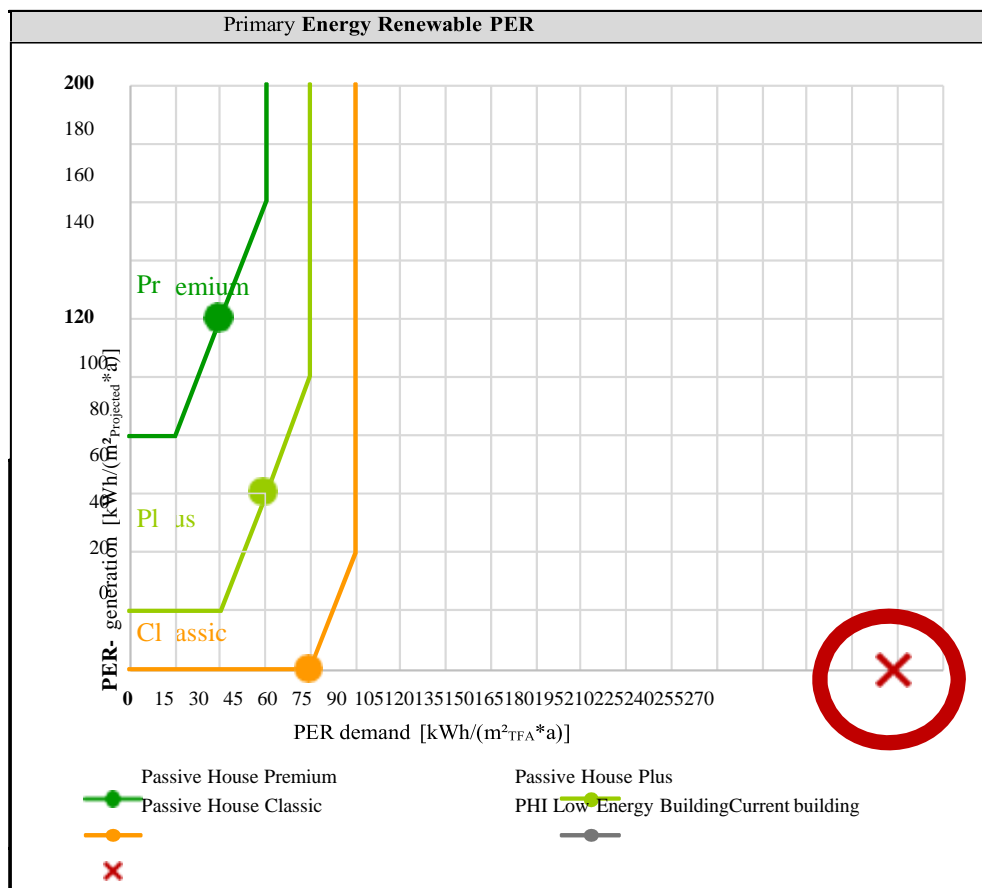
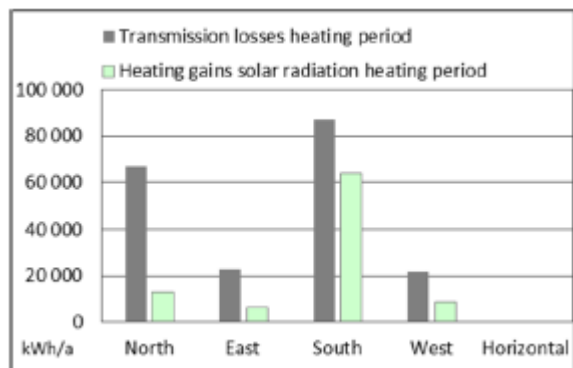
Первые рабочие листы результатов расчета РНРР текущего статуса проекта представляют расчетное потребление энергии на отопление существующим зданием.

В рабочих листах результатов РНРР завершенной модернизации EnerPHit (предварительные расчеты РНРР, предложения) представлены расчетные потребности в энергии для завершения проекта в соответствии с общим планом реконструкции, который должен быть разработан в будущем на основной стадии проекта.

а) Проведен расчет энергетического баланса для типа здания с обобщенным учетом затеняющих объектов. Главный фасад блока 2 (Средняя часть) обращен на восток небольшим смещением на север (отклонение от севера по часовой стрелке 85°); стены остальных фасадов обращены соответственно на 175°, 265° и 355°.

На основе результатов расчетов представлена документация по энергоэффективности существующего здания





4. Выводы по существующему зданию

Текущие показатели эффективности здания школы являются типичными для неотреставрированного здания той эпохи. Поскольку отсутствовали характеристические значения герметичности здания, пришлось принять

допущение значения $n_{50} = 3$ ч

¹. Учитывая размер и форму здания, это кажется правдоподобным. Однако в случае увеличения вытоков воздуха, потребность в энергии также несколько увеличится.

Даже в текущем состоянии, в здании не обеспечивается постоянно летний комфорт из-за отсутствия затеняющих устройств и мер по отводу тепла из здания. Сравнение с фактическими данными о потреблении и дополнительной информацией показывает, что здание по необходимости в настоящее время никогда не отапливается полностью, и ученики находятся в школе в теплой одежде. Измеренные данные о потреблении могут быть воспроизведены, исходя из предположения, что эффективная средняя температур помещений составляет ок. 10 °С.

Однако расчеты энергетического баланса основаны на предположении, что школа полностью отапливалась днем и не отапливалась только ночью и по выходным дням (эффективная средняя температура в помещениях 16 °С). Это сделано для того, чтобы создать комфортную внутреннюю среду для людей и сделать результаты сопоставимыми с исследованиями по модернизации, которые также предполагают условия полного отопления.

Это предположение также сделано для документации по энергоэффективности.

Passive House Verification



Architect: NN
 Street: _____
 Postcode/City: _____
 Province/Country: _____ UA/Ukraine

Energy consultant: Passive House IGUR, Dipl. Eng. Olga Nosenko
 Street: _____
 Postcode/City: 93653
 Province/Country: Luhans'k region UA/Ukraine

Year of construction: 1971
 No. of dwelling units: 1
 No. of occupants: 600,0

Building: Secondary school III degrees #10, H-type
 Street: Gerol' Ukrainy Street, 10
 Postcode/City: 27300 Svitlovod'sk
 Province/Country: Kirovohrad's'ka oblast UA/Ukraine
 Building type: School
 Climate data set: int-01-Svitlovod'sk-UA
 Climate zone: 3: Cool-temperate Altitude of location: 134 m

Home owner / Client: Standard-S, Office 107, MOST CITY
 Street: Gilska Street 2
 Postcode/City: 48800 Dnipro
 Province/Country: Dnipropetrov's'k region Ukraine

Mechanical engineer: NN
 Street: _____
 Postcode/City: _____
 Province/Country: _____

Certification: HA
 Street: _____
 Postcode/City: _____
 Province/Country: _____

Interior temperature winter [°C]: 16,0 Interior temp. summer [°C]: 25,0
 Internal heat gains (IHG) heating case [W/m²]: 2,8 IHG cooling case [W/m²]: 2,8
 Specific capacity [W/mK per m² IFA]: 204 Mechanical cooling: _____

Specific building characteristics with reference to the treated floor area

		Treated floor area m²	5000,0	Criteria	Alternative criteria	Fulfilled?
Space heating	Heating demand kWh/(m²a)	157	<	15	-	no
	Heating load W/m²	85	<	-	10	no
Space cooling	Cooling & dehum. demand kWh/(m²a)	-	<	-	-	-
	Cooling load W/m²	-	<	-	-	-
	Frequency of overheating (> 26 °C) %	11	<	10	-	no
	Frequency of excessively high humidity (> 12 g/kg) %	0	<	20	-	yes
Airtightness	Pressurization test result n ₅₀ 1/h	3,0	≤	6,6	-	no
Non-renewable Primary Energy (PE)	PE demand kWh/(m²a)	223	≤	120	-	no
	PER demand kWh/(m²a)	254	≤	-	-	-
Primary Energy Renewable (PER)	Generation of renewable energy (in relation to pro-jected building footprint area)	0	≥	-	-	-

¹ Empty field: Data missing; ² No requirement

I confirm that the values given herein have been determined following the PHED methodology and based on the characteristic values of the building. The PHED calculations are attached to this verification.

Passive House Classic? no

I-Designer: _____ Olga _____ Nosenko _____
 First name: _____ Surname: _____
 Location: _____ City: _____

Signature: _____

**энергоэффективной модернизации средней школы
№10 в г. Светловодске Кировоградской области**

№ этапа	Перечень работ ¹ (предварительно)	Объем основных материалов, конструкций	Срок, месяцев	Герметичность, n ₅₀ 1/ч	Температура внутр. воздуха	Удельное потребление энергии на отопление ² , кВт·ч/м ² в год
0	Существующее здание школы			3,0	+16 °С	212,0
0	Существующее здание школы			3,0	+20 °С	284,0
1	<p><u>Крыша:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Демонтаж старого покрытия и изоляции. 2. Прочистка и ремонт внутреннего водостока дождевой воды. 3. Теплоизоляция изнутри стен, в которых проходят трубы дождевой воды. 4. Выполнение герметичного слоя, гидроизоляции и стяжки. 5. Устройство новой изоляции с уклоном толщиной 260 мм. 6. Теплоизоляция парапетных стенок (изнутри, сверху и снаружи вниз на h ≅ 1,5 м) 7. Бетонная подготовка. 8. Устройство покрытие кровли 	<p>Утеплитель: минеральная вата, λ = 0,035 [Вт/(м·К)]. Толщина слоя утеплителя = 260 мм. <u>Общая площадь плоской совмещенной кровли</u> (три блока здания): 2203,9 м².</p> <p><u>Утепление парапетной стенки крыши:</u> Утеплитель: минеральная вата, λ = 0,035 [Вт/(м·К)]. Толщина слоя 150 мм. <u>Общая площадь</u> 810,0 м²</p>	6	2,0	+20 °С	164,9

¹ Предварительный перечень работ. Уточнить на стадии разработки проекта.

² Расчётное значение (согласно предварительных РНПП9-расчетов).

2	<p><u>Окна:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Демонтаж старых деревянных окон. 2. Установка новых окон. 3. Герметизация оконных блоков и стыков по периметру. <p><u>Герметичная оболочка здания:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 4. Устройство герметичной оболочки. <p><u>Теплоизоляция стен наружной оболочки здания:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 5. Устройство изоляции стен по наружной оболочке здания. 	<p><u>- Общая площадь окон:</u> 983,8 м² (вкл. окна из стеклоблоков- 22,4 м²).</p> <p><u>- Теплоизоляция стен:</u> Утеплитель - минеральная вата толщ. слоя – 160мм. $\lambda = 0,035$ [Вт/(м·К)]. <u>Общая площадь</u> 2514,4 м²</p>	6	0,4	+20 °С	73,2
3	<p><u>Вентиляция с рекуперацией тепла:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ремонт технических помещений. 2. Монтаж системы вентиляции с рекуперацией тепла. 	<p><u>- Установка механической вентиляции с рекуперацией тепла:</u> Resolair 64 32 01 Menerga GmbH³ V=8500-11500 м³/ч</p>	6	0,4	+20 °С	25,2
4	<ol style="list-style-type: none"> 1. Утепление потолка подвала. 2. Утепление цоколя по периметру здания от отметки 0,000 на глубину h= 1,0 м от планировочной отметки земли. 3. Замена старых входных дверей на энергоэффективные. 	<p><u>- Потолок подвала:</u> Утеплитель - минеральная вата толщ. слоя – 100мм, $\lambda = 0,035$ [Вт/(м·К)]. <u>Общая площадь</u> 453,8 м²</p> <p><u>- Цоколь:</u> Утеплитель - <u>Общая площадь</u> 536,4 м²</p> <p><u>Замена входных дверей:</u></p>	6	0,4	+20 °С	21,7

³ Menerga GmbH: <https://www.menerga.com/>

		Общая площадь: 56,0 м ²				
5	Установка солнечных коллекторов на крыше здания		6	0,4	+20 °C	Будущие расчеты

Загальний опис школи №6 м.Синельникове



Passive House Institute Dr. Wolfgang Feist· Rheinstraße 44/46 · D-64283 Darmstadt

Energy Service Company Standard-S
Office 907, Business Centre MOST CITY
Glinka Street 2
Dnepropetrowsk 49000
Ukraine

email general@standard-s.com.ua

Passivhaus Institut
Dr. Wolfgang Feist
Rheinstraße 44/46
64283 Darmstadt, Germany
Tel. +49 (0) 6151/826 99-15
Fax. +49 (0) 6151/826 99-11

Wolfgang.hasper@passiv.de
www.passiv.de

Darmstadt, 20.12.2018

School building No. 6, Kozatska Street 44, in 52501 Sinelnikovo, Ukraine (general H-type)

Assessment report and refurbishment recommendations

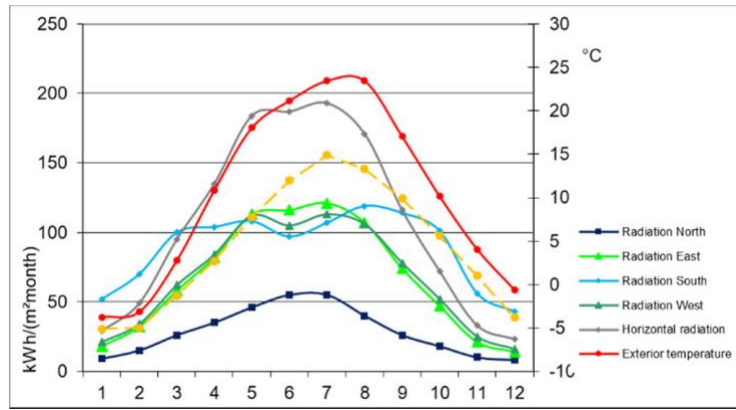
The standard school plan communicated to the PHI forms an H-shaped plan, with two, in parts three, floors and approximately 5200 m² net floor space. By its size it is a reasonably compact building.

The energy balance calculations for analysis of the existing building were carried out with PHPP9.3, based on EN 13790. The works were structured into the following steps

Climate Data

1. Evaluation of climate data from various sources including satellite derived data. The following data set was obtained and used in subsequent studies

Month	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		Heating load		Cooling load		PER factors					
	Days	31	28	31	30	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	30	31	30	31	30	31	30	31	Weather 1	Weather 2	Weather 1	Weather 2							
ua-02-UA0002a Dnepropetrowsk	Latitude *	48.4		Longitude *	35.1		Altitude [m]	147		Daily temperature swing Summer [K]										11.9	Radiation [W/m ²]		Radiation [W/m ²]											
* C	Exterior temperature	-3.8	-3.2	2.7	10.8	18.0	21.1	23.4	23.4	17.0	10.1	4.0	-0.7	-13.0	-7.2	27.3	25.9	1.25													Household electricity			
kWh/(m ² month)	Radiation North	9	15	26	35	46	55	55	40	26	18	10	8	12	8	87	51	1.20												Domestic hot water				
kWh/(m ² month)	Radiation East	18	32	58	82	113	116	121	107	74	47	21	14	23	11	214	165	1.65												Heating				
kWh/(m ² month)	Radiation South	52	70	100	104	100	97	107	119	114	101	56	43	70	20	195	257	1.15												Cooling				
kWh/(m ² month)	Radiation West	21	34	62	84	112	105	113	106	78	52	25	16	27	11	209	174	1.30												Dehumidification				
kWh/(m ² month)	Horizontal radiation	29	49	95	135	184	187	193	171	116	72	33	23	36	19	338	256																	
* C	Dew point temperature	-5.1	-4.0	-1.3	2.7	7.8	12.0	14.9	13.3	9.9	5.6	1.0	-2.8			16.5	14.0																	
* C	Silly temperature	-15.0	-15.4	-10.2	-4.5	0.0	6.0	9.4	7.7	3.0	-2.0	-7.2	-12.8			13.8	14.0																	
* C	Ground temperature	13.7	13.6	13.8	14.1	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.6	14.2	13.9	13.6	13.6	13.6	14.1	14.1																
Comment:		Temp = 2004-2014. Derived from Meteonorm & ASHRAE 2017																																

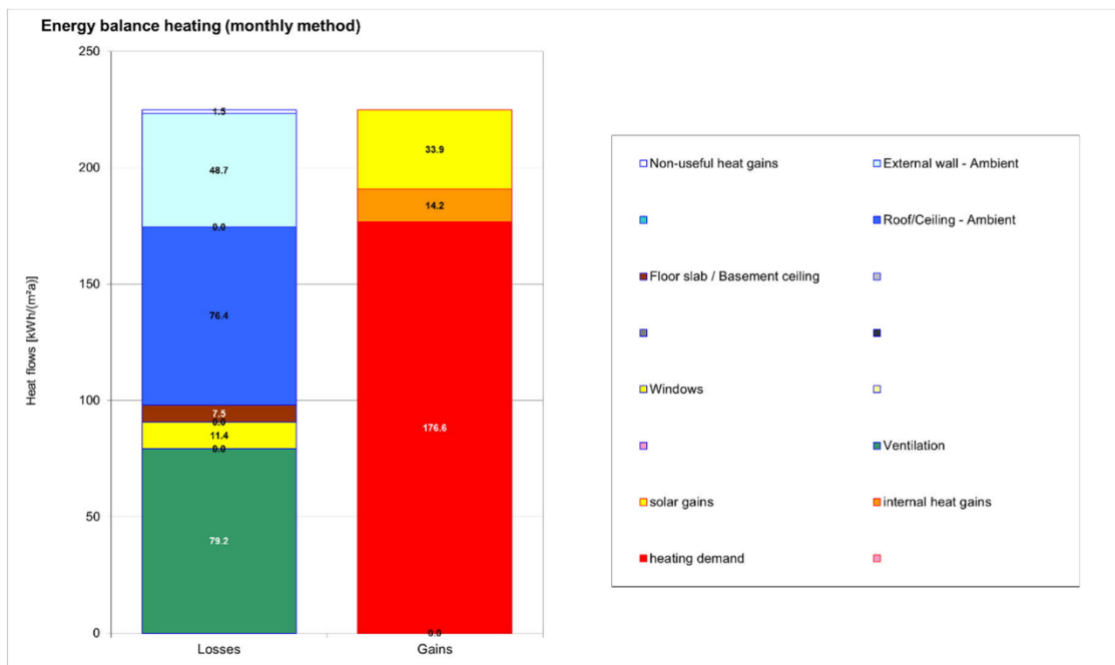


The climate offers considerable solar radiation even in the winter months and thus corresponds to a continental climate, with cold clear winter and quite warm summer.

Energy Balance Calculation

2. An energy balance calculation for the building type, taking into account shading objects in a generalised manner was set up. The main façade faces north with a slight shift to the east (013°) while the other walls face 103°, 193° and 283° respectively. To illustrate the effect of orientation and in order to generalise the results for other buildings of the same type in different locations, the building was rotated clockwise by 90° at a time to the other cardinal points +13°. An Energy Performance Documentation for the existing building was issued based on the results.

Energy balance for existing building, facing north (013°)





Conclusions on existing building

The current performance data are typical for an unrefurbished building of the era. As no characteristic value for the air tightness of the building was available an assumption had to be made of $n_{50}=3 \text{ h}^{-1}$. Given the size and shape of the building this appears plausible. However, in case of increased leakage the energy demand will also increase somewhat.

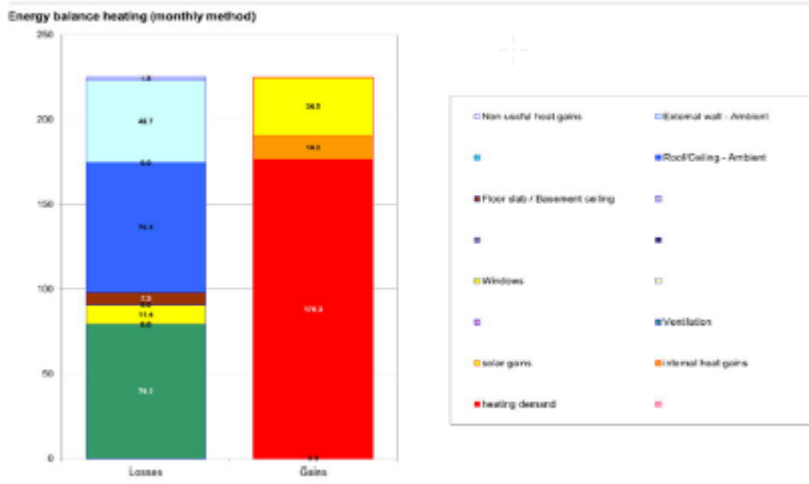
Even in the current condition the summer comfort in the building is not ensured at all times, due to the lack of shading devices and measures to remove heat from the building.

Comparison with actual consumption data and additional information reveal that the building is, by necessity, currently never fully heated and pupils attend school in thick clothes. The metered consumption data can be reproduced based on the assumption of an effective mean indoor temperature of ca. 10°C .

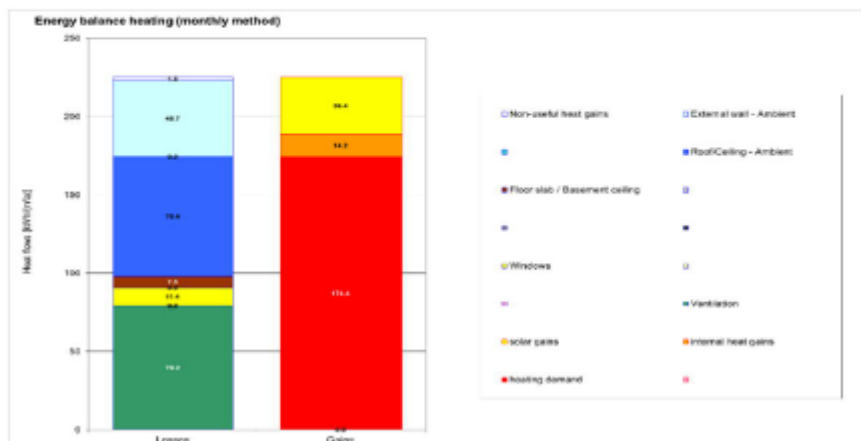
The energy balance calculations are based, however, on the assumption that the school were fully heated during the day and unheated only at night and on weekends (effective mean indoor temperature 14.8°C). This in order to assume a comfortable indoor environment for humans and to make the results comparable to the refurbishment studies, which also assume fully heated conditions. This assumption is also made for the Energy Performance Documentation.

Energy Performance Documentation		valid until	17.12.2018		
		Building: School No 6, H-Type Street: Kozatska Street 44 Postcode/City: 52501 Sinehnikovo Province/Country: Dnepropetrovsk UA-Ukraine Building type: School Climate data set: ud-02-UA0002a-Dnepropetrovsk Climate zone: 3: Cool-temperate Altitude of location: 106.4 m Owner / Client: Sinehnikovo Council/Standard-9, Office 907, MOST CITY Street: Glinka Street 2 Postcode/City: 49000 Dnepropetrovsk Province/Country: Dnepropetrovsk UA-Ukraine			
Architecture: NN Street: Postcode/City: Province/Country:		Mechanical system: NN Street: Postcode/City: Province/Country:			
Energy consultancy: Passive House Institute Dr. Wolfgang Feist Street: Rheinstraße 44/46 Postcode/City: 64283 Darmstadt Province/Country: Hesse DE-Germany		Certification: NA Street: Postcode/City: Province/Country:			
Year of construction: ca 1960 No. of dwelling units: 1 No. of occupants: 600.0		Interior temperature winter [$^{\circ}\text{C}$]: 14.8 Interior heat gains (IHG) heating case [W/m^2]: 2.8 Specific capacity [$\text{Wh/K per m}^2 \text{ TFA}$]: 204			
Interior temp. summer [$^{\circ}\text{C}$]: 25.0 IHG cooling case [W/m^2]: 2.8 Mechanical cooling:					
Specific building characteristics with reference to the treated floor area					
Treated floor area m^2 : 5224.8		Passive House EnerPHit This Building			
Space heating	Heating demand $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$: 177				
Space cooling	Cooling & dehum. demand $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$: 0				
	Frequency of overheating ($> 25^{\circ}\text{C}$) %: 8				
	Frequency excessively high humidity ($> 12 \text{ g/kg}$) %: 0				
Airtightness	Pressurization test result* n_{50} 1/h: 3				
Non-renewable Primary Energy (PE)	PE demand $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$: 245				
Primary Energy Renewable (PER)	PER demand $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$: 331				
	Generation of renewable energy** $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$: 0				
<small>*estimated ** in relation to projected building footprint area</small>					
I confirm that the values given herein have been determined following the PHPP methodology and based on the characteristic values of the building. The PHPP calculations are attached to this verification.					
Task:	First name: Wolfgang	Surname: Hasper	Signature: 		
	Issued on: 17.12.2018	City: Darmstadt, Germany			
<small>This document is based on calculations with the Passive House Planning Package and thus generally follows EN 13790, with some modifications. Results are referenced to the Passive House/EnerPHit criteria of the Passive House Institute Dr. Wolfgang Feist, Darmstadt, Germany. No liability is accepted as to the usefulness of the given data or compliance with any nation's legal framework.</small>					
		PHPP Version 9.3			

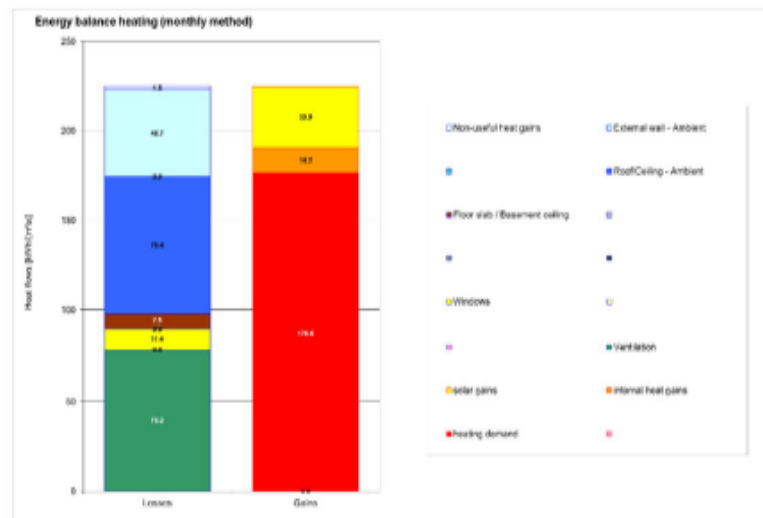
Energy balance for hypothetical building, facing East (103°)



Energy balance for hypothetical building, facing South (193°)



Energy balance for hypothetical building, facing West (283°)



Conclusions on rotation

The individual balances show very modest differences and the space heating demand varies by only 3 kWh/(m²a). This is due to the favourable insolation and the fairly even distribution of windows around the building.

The results suggest that the findings in this report will probably largely apply also in other locations for buildings of the same H-type design.

The relative impact of varied orientation, however, will increase with improved energy performance as the contribution of free heat, most notably passive solar heat gains, will be proportionately higher.

Refurbishment potential

3. The refurbishment potential of the building was further examined. The refurbishment goals were directed at meeting the EnerPHit refurbishment criteria of the PassiveHouse Institute. These can be found in detail here: https://passivehouse.com/downloads/03_building_criteria_en.pdf

The draft plan outlined below acknowledges that an important part of the windows is not yet very old and should not be scrapped prematurely for economic reasons.

The ventilation requirements of the kitchen and canteen were not considered separately in this preliminary study, due to the lack of detailed information. Preparation of meals for 500 pupils was, however, factored in.

To meet the criteria the following set of measures could be adequate:

- insulation of external walls 220 mm $\lambda=0.040$ W/(mK) and roof 280mm $\lambda=0.040$ W/(mK) or equivalent combinations of thickness and thermal conductivity
- no insulation of floor but installing an insulating skirt at perimeter 1m deep and 200 mm thick, $\lambda=0.040$ W/(mK)
- air tightness improved to $n_{50}=0.4h^{-1}$, corresponds to a permeability of $\sim q_{50}=1.0_{mh^{-1}}$
- ventilation with effective heat recovery rate of 80%, 18 m³/(Ph), total ca. 10000 m³/h
- replacing boilers with ground coupled electrical heat pump

In case of financial limitations it is possible to stage the refurbishment into a number of steps. The succession of individual measures must be carefully chosen though in order to achieve satisfactory intermediate conditions.

Bundles could comprise

- air tightness of roof + insulation of roof; particularly cheap and effective as one unbroken surface without windows is treated. Avoid thermal bridge at parapet.
- add ventilation with HR; yields immediate returns in improved IAQ and thus improved learning environment; replace lighting with energy efficient, automatically dimmed equipment based on qualified lighting design. (Installed power ≤ 1.5 W/(m²*100lx); automatically turned off during breaks).
- air tightness of walls/floor + insulation of walls + insulating skirt
- replace boilers with heat pumps of greatly reduced capacity (<100 kWth); create a plant room within the thermal envelope of the building and disuse the boiler house. Continued use of existing radiators subject to closer examination. Consider reversed operation for space cooling.

The sum of all measures will yield a greatly improved energy performance approximately in line with the PHI's EnerPHit criteria. It must be noted that the figures are based on an effective indoor temperature of 19°C, resulting from fully heated operation during the day and setback to not less than 17°C during nights/weekends/holidays (Otherwise the time and energy for reheating become excessive unless the heating system were grossly oversized).

Specific building characteristics with reference to the treated floor area				Criteria		Alternative criteria		Fullfilled? ²
	Treated floor area m ²	5224.8						
Space heating	Heating demand kWh/(m ² a)	19	≤	25	-			yes
	Heating load W/m ²	14	≤	-	-			
Space cooling	Cooling & dehum. demand kWh/(m ² a)	5	≤	15	15			yes
	Cooling load W/m ²	6	≤	-	11			
	Frequency of overheating (> 25 °C) %	-	≤	-	-			
	Frequency excessively high humidity (> 12 g/kg) %	1	≤	10	-			yes
Airtightness	Pressurization test result n ₅₀ 1/h	0.4	≤	1.0	-			yes
Non-renewable Primary Energy (PE)	PE demand kWh/(m ² a)	96	≤	-	-			-
Primary Energy Renewable (PER)	PER demand kWh/(m ² a)	47	≤	50	47			yes
	Generation of renewable energy kWh/(m ² a)	70	≥	60	52			

² Empty field: Data missing; -: No requirement

The resultant specific space heating demand of 19 kWh/(m²a) exceeds the requirement of 25 kWh/(m²a). However, the current design concept is only in early draft status and a number of critical details, possibly resulting in thermal bridge heat losses, is not yet studied to the required detail.

The windows will need replacing in the foreseeable future. This necessity should be anticipated in the design of all detailing in order to facilitate replacement, including connection to the airtight layer and the placing of the new windows within the insulation layer.

In any case the replacement windows should be Passive House windows that can, in a favourable orientation, deliver a net heat gain over the heating period. The impact of this measure was also tested and resulted in full Passive House Standard.

Specific building characteristics with reference to the treated floor area						
		Treated floor area m ²		Criteria	Alternative criteria	Fulfilled? ²
Space heating	Heating demand kWh/(m ² a)	5224.8	≤	15	-	yes
	Heating load W/m ²	14	≤	-	10	
Space cooling	Cooling & dehum. demand kWh/(m ² a)	7	≤	15	15	yes
	Cooling load W/m ²	6	≤	-	11	
	Frequency of overheating (> 25 °C) %	-	≤	-	-	
	Frequency excessively high humidity (> 12 g/kg) %	1	≤	10	-	yes
Airtightness	Pressurization test result n ₅₀ 1/h	0.4	≤	0.6	-	yes
Non-renewable Primary Energy (PE)	PE demand kWh/(m ² a)	85	≤	-	-	-
Primary Energy Renewable (PER)	PER demand kWh/(m ² a)	40	≤	45	40	yes
	Generation of renewable energy kWh/(m ² a)	70	≥	60	47	

² Empty field: Data missing; -: No requirement

Both the EnerPHit and Passive House variants were tested with external shading devices to limit solar gains during the summer. These should be chosen with regard to good daylighting even in full deployment. Probably the most convenient solution for this would be external blinds with the top 50 cm of lamellae fixed in horizontal attitude and automated controls, however, different set points must be implemented for the summer and the winter.

Nevertheless preventing overheating will be an important objective for the detailed design phase. Next to limiting solar heat gains the removal of heat during the night is important, e.g. by night time passive ventilation via automatically opening windows. The summer situation should be studied in great detail to ensure comfortable conditions at all times. Possibly some (peak) cooling can be added by reversing the heat pump based heating system with very little effort, using the radiators as heat exchangers in the building.

Renewable Energy

4 Given the favourable insolation the addition of a PV array on the roof of the building appears reasonable. Its yield can contribute greatly to the energy demand of the school (particularly if a heat pump is retrofitted for heating and cooling) and serve as a teaching subject at the same time. The expected yield should suffice to approximately cover the total annual energy demand of the Passive House variant (windows also replaced) and the larger part in case of the EnerPHit variant. In both cases the “Plus” class is reached.

Climate data set: ua-02-UA0002a-Dnepropetrovsk
 Building type: School
 Projected building footprint: 3084.9 m²

Name of system
 Location: Selection in 'Areas' worksheet
 Size of selected area
 Deviation from North
 Angle of inclination from horizontal
 Alternative input: Deviation from North
 Alternative input: Angle of inclination from the horizontal

System 1	System 2	System 3	System 4	System 5	Reference PV syst.
17Mod Upper Part	18-Roof Upper Part	18-Roof Middle Part	20-Roof Lower Part		
334.4	520.9	406.5	811.3		
0	0	0	0		
0	0	0	0		

Information from the module data sheet

Technology
 Nominal current
 Nominal voltage
 Nominal power
 Temperature coefficient short-circuit current
 Temperature coefficient open-circuit voltage
 Module dimensions: Height
 Module dimensions: Width

	44Mono-Si	44Mono-Si	44Mono-Si	44Mono-Si	44Mono-Si
I_{sc}	7.71	7.71	7.71	7.71	7.71
U_{oc}	28.50	30.50	30.50	30.50	30.50
P_n	235	235	235	235	235
α_{sc}	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040
β	-0.340	-0.340	-0.340	-0.340	-0.340
Height	1.658	1.658	1.658	1.658	1.658
Width	0.994	0.994	0.994	0.994	0.994
					1.8

Further specifications

Number of modules
 Height of module array
 Height of horizon
 Horizontal distance
 Additional reduction factor shading
 Efficiency of the inverter

	System 1	System 2	System 3	System 4	Reference PV syst.
N_{mod}	90	100	100	250	0.0
H_{mod}	3.5	3.5	3.5		
H_{horiz}	20.0	20.0	10.0		
k_{shad}					
η_{inv}	97%	97%	97%	97%	95%

Results

Area of module field
 Free area on the external building element
 Allocation to building element
 Annual losses due to shading

	System 1	System 2	System 3	System 4	Reference PV syst.
Area of module field	148.3	247.2	154.8	412.0	0.0
Free area on the external building element	185.1	279.7	211.7	119.2	
Allocation to building element	44%	47%	41%	48%	
Annual losses due to shading	59	99	147	0	

Annual electricity yield of the inverter, absolute

Related to projected building footprint area
 CO₂-equivalent emissions according to 1-CO₂ factors GEMIS (Germany)
 PE-factor according to 1-PE-factors (non-renewable) PHI Certification

	System 1	System 2	System 3	System 4	Reference PV syst.	Total
Annual electricity yield of the inverter, absolute	22108	36846	24383	61575		144912
Related to projected building footprint area	10.6	17.7	11.7	29.5		70
CO ₂ -equivalent emissions according to 1-CO ₂ factors GEMIS (Germany)	2874.0	4790.0	3169.8	8004.8		18838.5
PE-factor according to 1-PE-factors (non-renewable) PHI Certification	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00

