

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Глухівський національний педагогічний університет
імені Олександра Довженка
Кафедра професійної освіти та комп'ютерних технологій

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Тема: Проектування енергоефективного будинку за національними нормами і стандартом «Passivhaus» з методикою викладання теми

Виконав: Головач Євгеній Валерійович
015 Професійна освіта
(Будівництво та зварювання)

Науковий керівник:
канд. пед. наук, ст. викладач
Хоменко О. Г.

Допущено до захисту
« » _____ 2023р.
Завідувач кафедри

(підпис) (ініціали, прізвище)

Дата захисту « » _____ 2023р.

Національна оцінка

Кількість балів:

Оцінка ECTS

Підписи членів комісії:

Вступ

Актуальність теми. За даними досліджень фахівців, рівень енергоємності ВВП України перевищує середнє значення країн світу в два рази. Близько половини будинків в Україні мають найнижчий клас енергоефективності. Огороджувальні конструкції зовнішніх стін житлових будинків 1960-1980 років будувались з використанням переважно залізобетонних та керамзитобетонних стінових панелей і керамічної та силікатної цегли, стінових пустотних блоків, які характеризуються високим коефіцієнтом теплопровідності.

Споживання енергії на опалення житла в країнах Центральної Європи в середньому $95 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$ (за даними 2022 року), а в Данії та Норвегії – близько $70 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$. Це є результат дії стратегічних і важливих для Європи прийнятих Директив енергоспоживання житла, спрямованих на значне зменшення споживання невідновлювальних ресурсів на опалення житла. Так на 2020 рік всі новобудови в Європі повинні були мати тепловитрати на опалення «близько нульового будинку», а до 2050 року всі будівлі повинні стати «нульовими» або $15 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$ в рік, тобто затрати на опалення компенсуються виробленням енергії самим будинком.

Величезну роль в зменшенні енергоспоживання відіграє все більш зростаючий та поширюваний жорсткий стандарт «пасивного будинку» [44] (споживання теплової енергії менше $15 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$ в рік) та нові стандарти будинків «екологічний», «енергоефективного», «нульовий», «плюс енергії» тощо. Причому «пасивні будинки», які вперше були побудовані в Німеччині, зараз споруджуються в різних країнах світу, незважаючи на різницю в кліматичних умовах.

Отже, очевидно, що в Україні все нове житло має відповідати європейським нормам з енергозбереження й енергоефективності та масово будуватися за нормами «пасивного будинку». Це дасть

можливість значно зменшити енергоспоживання житлового сектору (до 92%), забруднення навколишнього середовища шкідливими викидами в атмосферу, а також зберегти невідновлювальні природних ресурси.

Фундаментальну теорію «пасивного будинку» розробив німецький професор інституту житлового будівництва і навколишнього середовища, В. Фейст [44]. На сьогодні слід також виділити дослідження пасивних будинків закордонних та вітчизняних вчених Р. Гонзало і Р. Валлентін, К. Хопф і Р. Маклеод, Е. Валшау, Б. Басок, Т. Кащенко, В. Мартинова, Н. Лещенко та ін.

При проектуванні пасивних будинків виконують порівняльний аналіз проектів, проводять комплексну оцінку об'єкту проектування, моделювання енергоресурсного балансу, освітленості, вентиляції, сонцезахисту, визначення теплофізичних параметрів, оптимізацію геометричних параметрів тощо.

В Україні реалізовано ряд проектів пасивних будинків, але процес розвитку пасивного будівництва поки що відбувається повільними темпами. Серед основних перешкод на цьому шляху є значні витрати, низький рівень обізнаності спеціалістів будівельної галузі. Вартість «пасивних» будинків, на даний час складає приблизно на 8-10% більше середніх показників для звичайного будинку у європейських країнах і на 10-35% в Україні.

Тому є нагальна потреба у розробці і прийнятті державних стандартів будівництва пасивних будинків. Також дуже важливим є формування знань, вмінь та компетентностей з проектування «пасивних будинків» у майбутніх фахівців будівельного профілю.

Метою магістерської роботи є порівняння національних норм і стандарту «Passivhaus» у проектуванні енергоефективного будинку та методика викладання теми «Проектування енергоефективного будинку за стандартом «Passivhaus»

Досягнення поставленої мети дослідження визначило наступні **завдання:**

- проаналізувати становлення і розвиток концепції «пасивного будинку»;
- розкрити основні принципи «пасивного будинку» та систематизувати характеристики, які визначають його енергоефективність;
- розглянути основні характеристики та вивчити функціональні можливості програмного комплексів РНРР для проектування «пасивного будинку»;
- розрахувати основні енергетичних показники будинку за національними нормами і стандартом «Passivhaus» і виконати їх порівняльний аналіз;
- розробити методiku викладання теми «Проектування енергоефективного будинку за стандартом «Passivhaus».

Теоретичні і методологічні основи дослідження. Теоретичними і методологічними основами дослідження є досягнення вітчизняної і закордонної науки у сфері енергозбереження

Об'єктом дослідження є житлові будинки які відповідають стандарту «Passivhaus».

Предмет дослідження – особливості енергетичного прпроекування будівель за національними нормами і стандартом «Passivhaus».

Методи дослідження полягають у аналізі літературних та інформаційних джерел, а також результатів теоретичних досліджень і дослідних даних; використанні сучасних методів енергетичних розрахунків (у т.ч. у спеціальному прикладному програмному пакеті РНРР), аналізі та узагальненні даних.

Практичне значення одержаних результатів. Отримані у роботі результати можуть використовуватись у проектуванні пасивних будинків будівель з урахуванням кліматичних умов України, в удосконаленні професійної підготовки здобувачів освіти інженерно-педагогічних спеціальностей будівельного профілю, пов'язаних з розробкою нових дисциплін.

Апробація результатів роботи. Основні положення роботи доповідались і обговорювались на науково-практичних конференціях професорсько-викладацького складу та здобувачів освіти ГНПУ ім.Олександра Довженка (м. Глухів 2022-2023 рр.).

Обсяг та структура роботи. Магістерська робота складається із вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Повний обсяг роботи становить 81 сторінку, які включають 78 сторінок основного тексту.

РОЗДІЛ 1. ПАСИВНЕ БУДІВНИЦТВО

1.1. Історія розвитку пасивного будівництва

Місцем "народження" пасивного будинку була Німеччин. Ідея Пасивного Будинку (Passivhaus) виникла у 1988 у двох науковців Б. Адамсона професора Лундського університету (Швеція) та доктора В. Фейста з Інституту житла та довкілля м. Дармштадт (Німеччина). Концепція пасивного будинку була розроблена В. Фейстом в процесі розрахунків енергетичних балансів будівель науково-дослідних проектів будівель з високоякісною ізоляцією, у яких не передбачались традиційні системи опалення (рис.1.1).



Рис.1.1. .Розробник концепції «пасивний будинок» доктор В. Фейст

Для стандарту пасивного типу було визначено два основні принципи функціонування: уникнення неконтрольованих витрат теплоти та збереження і ощадливе використання наявної енергії. Були розраховані технічні показники будинку, який не потребує спеціальної системи опалення. Спираючись на ці дослідження та за допомогою архітекторів

Ботта та Ріддера, В.Фейст побудував перший пасивний будинок в м.Дармштадт, Німеччина у 1991 р. (рис. 1.2).



Рис.1.2. Зовнішній вигляд першого пасивного будинку в м. Дармштадт, Німеччина.

У цьому будинку гаряче водопостачання забезпечувалося за допомогою сонячного колектора, а контрольована приточно-витяжна вентиляція була з рекуперацією тепла. Вже в перший рік експлуатації витрати енергії на опалення в квартирі пасивного будинку були в 12 разів менше, ніж у квартирі звичайного стандартного будинку. У наступних роках енергоспоживання будинку зменшилося ще на 15%.

В. Фейст вдосконалив дизайн пасивного будинку, щоб підвищити його енергоефективність, і розробив пасивний будинок з річною потребою в опаленні 15 кВт у рік на квадратний метр житлової площі. На основі розрахунків, а також практичного досвіду, для клімату Німеччини

був визначений енергетичний поріг для опалення - 15 кВт· год/(м²·рік). Після того, як дослідник розробив Стандарт ефективності пасивного будинку цей енергетичний показник для опалення в 15 кВт· год/(м²·рік) став визначальним.

Однак, вказане значення може змінюватися в залежності від різних кліматичних умов регіону будівництва.

З метою подальшого розвитку Стандарту, в 1996 році професор Вольфганг Фейст заснував Інститут Пасивного Будинку Passivhaus Institute (PHI) у м. Дармштадт,(Німеччина)).

На сьогодні за даними Міжнародної Асоціації Пасивних Будинків (International Passive House Association, iPHA) таких житлових і нежитлових будинків по всьому світу більше 60000, і більше 14000 сертифіковано відповідно до критеріїв PassiveHouseInstitute.

Пасивний Будинок (Passivhaus -нім) – це будівельний стандарт, який є енергоефективним, створює комфортні умови для проживання, водночас є економічним і спричиняє мінімальний негативний вплив на навколишнє середовище.

Точне визначення стандарту Пасивного Будинку (PHI):

«Пасивний Будинок — це будівля, в якій тепловий комфорт досягається виключно за рахунок додаткового попереднього підігріву (або охолодження) маси свіжого повітря, необхідного для підтримання в приміщеннях повітря високої якості, без його додаткової рециркуляції».

Основні принципи «пасивного будинку» наведені в основних положеннях В. Фейста [5]:

- нерозривна та суцільна теплова ізоляція будівель (коефіцієнт теплопередачі $U < 0,1$ для даху та $U < 0,15$ Вт/(м²·°С) - для інших огорожувальних конструкцій);
- використання спеціальних вікон з 2-3 -х камерними склопакетами;

- приведений коефіцієнт теплопередачі вікна $U_w \leq 0,8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{°C})$);
- контрольована механічна вентиляція з рекуперацією тепла з $\text{ККД} > 75\%$;
- суцільна герметизація всіх площин всередині будинку;
- проектування будинків без теплових містків, $\Psi < 0,01 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{°C})$.

Примітка. У стандартах європейських країн нормується не опір теплопередачі R , а його обернена величина – коефіцієнт теплопередачі U . Так, наприклад коефіцієнту теплопередачі $U = 0,15 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{°C})$ стінової конструкції відповідає $R = 6,67 (\text{м}^2 \text{°C}/\text{Вт})$.

Дотримання всіх цих принципів має приводити до надзвичайно високих характеристик енергоефективності «пасивного» будинку, а саме:

- потреба на опалення (охолодження) будинку $< 15 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$ в рік;
- затрати первісної енергії $< 120 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$ на рік;
- герметичність (повітронепроникність при 50 Па) $< 0,6 \text{ л}/\text{год}$;
- перегрів за рік - не більше 10% (температура вище ніж 25°C);
- тепловий комфорт, висока якість внутрішнього повітря, відсутність протягів.

Крім основних принципів, сучасний «пасивний будинок» потребує максимальної компактності, правильного розміщення на будівельному майданчику, максимальної відкритості південного фасаду сонцю та використання відновлюваних джерел енергії. У такому будинку має встановлюватись побутова техніка з класом енергоспоживання не менше A++ та освітлення лампами LED.

У Європі на даний час одержала поширення наступна класифікація будинків за енергоспоживанням:

- енергозберігаючі будинки низького споживання (річна витрата
- тепла $70\text{-}30 \text{ кВт}\cdot\text{г}/\text{м}^2$);

- енергозберігаючі будинки ультранизького споживання (річна витрата тепла 30-15 кВт·г/ м²);
- енергопасивні будинки (річна витрата тепла до 15 кВт·г/ м²);
- енергозберігаючі будинки (річна витрата тепла зведена до 0);
- енергоефективні будинки (виробляють енергії більше, ніж споживають).

Директива енергетичних показників в будівництві (Energy Performance of Buildings Directive), яку було прийнято країнами Євросоюзу в грудні 2009 року, вимагає з 1 січня 2020 року наближення усіх нових будівель до енергетичної нейтральності (тобто будівництва як мінімум пасивних будівель).

Поняття "**пасивний будинок**" –це будинок, який характеризується відсутністю необхідності в опаленні або низьким енергоспоживанням у якому тепло генерується "пасивно", тобто шляхом використання лише наявних внутрішніх джерел тепла, сонячної енергії, що потрапляє через вікна, і шляхом підігріву свіжого повітря, що потрапляє через припливну установку вентиляції.

Розвиток пасивного будівництва в Україні відбувається повільними темпами. Але кількість таких спеціалістів незначна і недостатня для масового будівництва «пасивних будинків» у нашій країні.

Ряд будівельних фірм і компаній в Україні у своїй рекламі пропонують послуги з проєктування та будівництва «пасивних будинків» з цегли, керамоблоків та газобетону, але не дають при цьому ніяких комплексних теплових характеристик, енергоефективних сертифікатів і гарантій на енергоспоживання, не здійснюють моніторинг енергоспоживання цим будівлями.

Перший пасивний будинок з'явився у 2008 році, а станом на 2022 рік вже існує декілька будинків експлуатаційні витрати яких становлять

менше 15 кВт год/м², зокрема в Києві та області, Чернігові, Дніпропетровську, Харків Львові.

Всі ці будинки спроектовані за основними принципами будівництва екологічних пасивних будинків:

- використання для будівництва природних і екологічно чистих матеріалів, що не мають шкідливих емісій при їх експлуатації;
- застосування в конструкціях будівлі достатньої кількості акумулюючого (взимку - холод, влітку - теплота) масиву стін і перекриттів. Орієнтація віконних конструкцій на південь, що дозволяє отримувати максимальну кількість сонячної енергії в зимовий час.

Пасивними системами теплового захисту будинків також передбачено:

- глуха ізоляцію північного фасаду (відсутність вікон і дверей); розташування на півночі допоміжних зон, які були б "тепловим буфером" між холодним і теплим житловим простором;
- облаштування якісної теплоізоляції і забезпечення герметичності будівлі; відсутність теплових мостів в тепловій оболонці будівлі;
- використання, при внутрішньому оздобленні приміщень, природних матеріалів (глина, паперові шпалери, дерево, натуральний лінолеум та ін.);
- урівноваження відносної вологості повітря в приміщеннях і постійна підтримка її на рівні близько 50%, відмова від конвекційних систем опалення та охолодження будинків, які, на думку деяких фахівців, призводять до перегріву і пересихання повітря взимку і значного переохолодження його влітку;
- використання екологічних систем опалення та охолодження будівлі за допомогою випромінюючих настінних теплообмінників та застосування системи контрольованої припливно-витяжної вентиляції з

рекуперацією теплоти, які створюють комфортні умови для перебування людей всередині будівлі протягом всього року;

- зменшення кількості енергії для виробництва будівельних матеріалів і конструкцій, а також використання місцевих матеріалів, що знижують витрати енергії на логістичні операції;





Рис. 1.3. Реалізовані проекти пасивних будинків в Україні

Серед основних перешкод на шляху розповсюдження пасивного будівництва у нашій країні є значні витрати на використання високотехнологічних та високоякісних будівельних матеріалів, виробів і обладнання.

Вартість «пасивних» будинків, на даний час у європейських країнах складає приблизно на 8-10% більше середніх показників для звичайного будинку і на 10-35% в Україні.

Стримуючим фактором розвитку пасивного будівництва є і низький рівень обізнаності фахівців будівельної галузі стандартів і технологій «пасивного будинку». Енергосертифікацією будівельних матеріалів та підготовкою сертифікованих проєктувальників «пасивного будинку» займається Інститут Пасивного Будинку (Дармштадт, Німеччина) та його філіали в інших країнах. Для сертифікованих архітекторів та будівельників за стандартом «Passivhaus» доступна вся інформація в базі даних Passipedia «пасивного будинку», а для несертифікованих – вона практично закрыта.

Тому сьогодні є нагальна потреба у адаптації перевірених європейських методик і практик до місцевих кліматичних умов, розробці та прийнятті національних державних стандартів проєктування пасивних будинків.

1.2. Концепція проєктування пасивних будинків та їх конструктивно-технічні характеристики

Основними принципами проєктування «пасивного будинку» є:

- компактність будинку і високий рівень теплозахисту;
- відсутність системи опалення або дуже малі енерговитрати на опалення;
- пасивне використання енергії сонячної радіації за рахунок раціональної орієнтації і скління будинку;
- використання поновлювальних джерел енергії і екологічно чистих матеріалів;
- високий рівень теплоізоляції та герметичність огороджувальних конструкцій;
- припливно-витяжна система вентиляції з рекуперацією тепла;
- зниження енергопотреб за рахунок використання приладів з низькими енергозатратами.

Архітектурно-планувальні і об'ємно-просторові рішення.

Комплекс архітектурно-планувальних і об'ємно-просторових рішення спрямований перш за все на підвищення енергоефективності пасивних будинків.

Світлова орієнтація та вітрозахист. Енергетично раціональна орієнтація будинку за сторонами світу з урахуванням переважаючих напрямів холодного вітру і максимального скління південних фасадів (площа вікон з південної сторони - до 70% від загальної площі скління будинку, з північної сторони вікна зазвичай відсутні)..Однак від площі південних фасадів будинку площа вікон не повинна перевищувати 40%. У холодну пору року ці приміщення будуть додатково обігрівати промені низького сонця. В теплу пору року це дозволяє уникати перегріву приміщень. Так над вікнами південних фасадів влаштовують балкони та

великі покрівельні звіси. Площа скління на західному та східному фасадах не повинна перевищувати 30% від загальної площі скління в будинку. Якщо їх площа більше, в будинку буде недостатньо тепло взимку та дуже спекотно влітку.

Вітрозахист північних фасадів , з використанням, наприклад, зелених , відкритість будинку з півдня, відсутність затінення південних фасадів

Компактність будинку. Одним із головних критеріїв пасивного будинку є компактність будинку. Стандарти будівництва пасивного будинку вимагають певного співвідношення A/V (площа огороджувальної поверхні опалювальної частини будинку або його «оболонки» будівлі ділиться на сумарний об'єм приміщень, у результаті отримують коефіцієнт площі огороджувальної поверхні споруди). Цей показник повинен бути найменшим. Сутність даного розрахунку у тому, що кожна будівля впродовж опалювального сезону втрачає через свою зовнішню огороджувальну поверхню тепло. Будівлі з компактною об'ємно-планувальною структурою мають найнижчі показники теплових втрат оскільки великий внутрішній об'єм приміщень обмежений мінімальною площею зовнішньої поверхні. Застосування будь-яких виступаючих архітектурних конструкцій та деталей (балконів, терас, навісів тощо), бажано уникати тому, що вони збільшують огороджувальну поверхню будівлі, і майже не збільшують внутрішній об'єм будинку.

Найоптимальнішою об'ємною формою пасивної споруди є чотирикутний паралелепіпед із двоскатним дахом. Рекомендується також наближена до квадрата форма плану з мінімальним периметром зовнішніх стін.

Значення коефіцієнта буде тим нижче чим менше периметр будинку та чим ближче форма будинку до квадрата. Коефіцієнт компактності

індивідуального пасивного будинку не повинен перевищувати показник 0,6.

Облаштування холодних і теплих зон в будинку. Приміщення, що виконують різні функції, потребують різного об'єму обігрівання та освітлення. Визначивши, які приміщення потребують більше тепла, а які – менше, площу будинку необхідно розділити на «температурні зони». Приміщення, які вимагають приблизно однакову кількість тепла, об'єднують в одну зону. У найтеплішу, зорієнтовану на південь, зону доцільно включати такі приміщення: вітальню, їдальню, кабінет, дитячу. У зоні з середньою температурою (так звана «перехідна зона»), розміщують коридори, кухню-їдальню тощо. До зони з найнижчою температурою відносяться підсобні приміщення, що виконують всі інші функції: гардеробна, ванна, туалет, комори. Від загальної площі будинку площа таких приміщень становить до 20%.

Потребу внутрішніх просторів в обігріванні й освітленні легше за все можна забезпечити у тому випадку, коли більшість житлових приміщень буде розташовуватися з боку південного фасаду. Житлову частину будинку, якій тепло та світло необхідні найбільше, планують переважно з південного боку (припустиме відхилення у межах 30 °), щоб можна було використати ранкове сонячне світло для освітлення кухні, спальні, а зимове сонячне світло - для вітальні. У найтеплішу, зорієнтовану на південь, зону доцільно включати такі приміщення: вітальню, їдальню, кабінет, дитячу кімнату

Північну стіну будинку захистити від швидкого охолодження можна шляхом розміщення таких приміщень, що не потребує опалення. Тобто використовувати тамбура, комори або гаражі в якості додаткових північних і західних буферних просторів будинку.

Високий рівень теплоізоляції.

Критеріями для проектування теплоізоляції зовнішніх огорожувальних конструкцій пасивного будинку є:

- споживання менше 15 кВт / (м²/рік) енергії для опалення або охолодження житлової площі;
- навантаження на опалення / охолодження обмежене до 10 Вт/(м²);
- використання первинної енергії для всіх побутових потреб (опалення, охолодження, гаряча вода й електрична енергія не повинне перевищувати 120 кВт/(м²);
- пасивні Будинки повинні бути герметичними з обмеженими нормами повітрообміну $n_{50} = 0,6 \text{ год}^{-1}$;
- частота перегрівання не перевищує 10% (температура в приміщеннях) .
- щорічний період перегріву (температура в приміщенні понад + 25 °С) у більш теплому кліматі та / або протягом літніх місяців не перевищує 10% .

Традиційні теплоізоляційні матеріали (мінеральна або базальтова вата, пінополістиролполістирол, целюлоза) потребують товщини ізоляційного шару 30-35 см, при використанні теплоізоляційних матеріалів з пінополіуретану товщину стіни можна зменшити навіть до близько 25 см. Сучасні матеріали для вакуумної ізоляції дозволяють використовувати дуже тонкі, але суперізольовані будівельні елементи.

Скління фасадів. Відповідно до енергетичних стандартів коефіцієнт теплопередачі (енергоєфективних вікон, придатних для пасивних будинків) обмежений значенням 0,80 Вт/(м²·К). Енергоєфективними є застосування потрійного скління, яким є склопакет з двома камерами заповнений інертним газом і двома низько емісійними покриттями. Разом з добре утепленими віконним рамами використання таких вікон значно знизить втрати тепла і підвищить

комфорт у приміщенні, внаслідок усунення холодного випромінювання від вікна і температурного розшарування повітря.

Акумуляція тепла. Для зведення зовнішніх стін можуть використовуватися різноманітні матеріали: цеглу, керамічні блоки, газобетон, каркасні панелі або дерево. Але, щоб максимально акумулювати теплову енергію й надалі використовувати її, віддають перевагу масивним конструкціям

Ефективний пасивний спосіб зберігання тепла – встановлення масивних акумулюючих елементів всередині будинку, наприклад внутрішні стіни з бетону або повнотілої цегли.

Один з найбільш цікавих проектів непрямого обігріву будинку використовує теплоакumuлюючу стіну або стіну Тромба-Мішеля, розташовану на відстані 75 ... 100 мм від скління. Ця стіна зводиться з матеріалів високої щільності: бетон, камінь, цегла і пофарбована в темні кольори (чорний, темно-червоний, коричневий, фіолетовий або зелений) для більш ефективного поглинання сонячної радіації.

Інженерні системи.

Вентиляція. Вентиляція, яка здійснюється інфільтрацією повітря через отвори і щілини у огорожувальній неприпустима для пасивних будинків, внаслідок порушення теплоізоляційної оболонки і неконтрольованості процесів повітрообміну

Основні методи вентиляції пасивного будинку

- приплив свіжого повітря у житлові зони;
- витяг повітря з вологих приміщень (кухня, ванна, санвузол)
- розподіл і рекуперація тепла по всьому простору будинку

Досягнути такого ефекту можна за умов виконання необхідної теплоізоляції огорожувальних конструкцій разом з використанням системи припливно-витяжної вентиляції з рекуперацією тепла або

грунтових теплообмінників для пасивного попереднього обігріву (охолодження) повітря.

Рекуператор - це двостінний теплообмінник, у якому, перемішуючись, зустрічаються два потоки повітря - витяжний і припливний (рис. 1.7). Маючи різницю температур, ці два повітряних потоки обмінюються тепловою енергією між собою. У результаті холодне повітря нагрівається, а тепле повітря прохолоджується. Головна функція рекуператора полягає в збереженні енергії, яка втрачається при видаленні витяжного повітря із приміщення та подачі свіжого повітря ззовні.

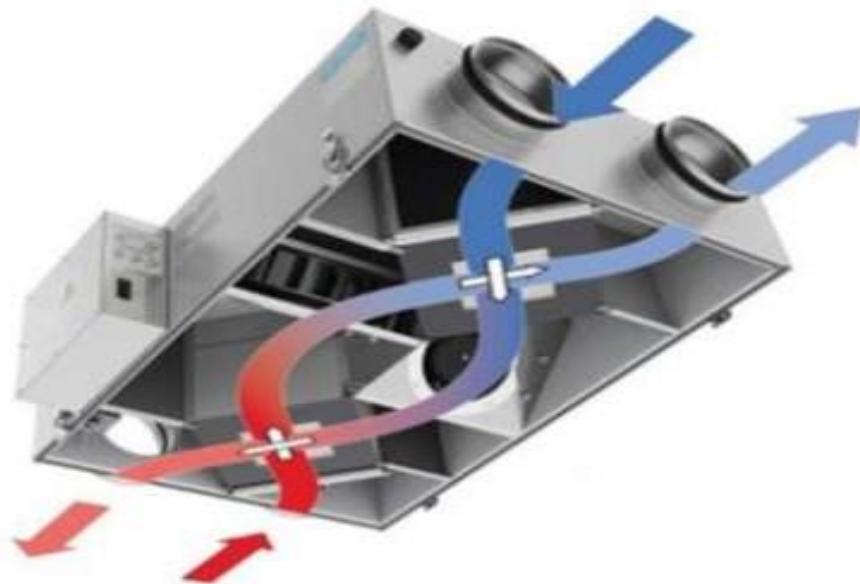


Рис. 1.4. Схема рекуператора

За допомогою рекуперації можна зберегти більше 70 % тепла, що проходить через рекуператор.

Грунтові теплообмінники і теплові насоси

Грунтовий теплообмінник – це система труб, розташованих під землею на глибині від 1,8 м і використовуваних для пасивного обігріву припливного повітря взимку і охолодження влітку. Використання теплових насосів дає значне зниження (до 70%) витрат електроенергії порівняно з електричним котлом.

Сонячні колектори. Сонячна установка складається з колектора (рис.1.5,1.6), теплообмінного контуру і акумулятора тепла. Рідина циркулює в колекторі. Теплоносій нагрівається від сонця і віддає енергію воді через теплообмінник, що знаходиться в баку. У бак також можна встановити електричний нагрівач-дублер, щоб, коли температура води опуститься нижче встановленої, обігрівач підігрів воду до потрібної температури. В технічному приміщенні розміщується теплоізований бак з насосною станцією і допоміжне обладнання з системою керування. Вдень сонячні колектори перетворює сонячну енергію в теплову, яка нагріває воду, що накопичується, а з баку під управлінням автоматики подається в систему гарячого водопостачання і опалення.



Рис.1.5 Плоский сонячний колектор



Рис.1.6 Вакуумний сонячний колектор

Сонячні колектори встановлюють на даху пасивного будинку або монтують у комбінації з мансардними вікнами, а накопичувальну ємність монтують в технічному приміщенні. Вони забезпечують близько 60% всієї енергії, потрібної для отримання гарячої води протягом всього року, а також частки енергії для обігріву приміщень (наприклад, в комбінації з геотермальним насосом)

Герметичність і теплоізоляція огорожених конструкцій

Герметичність зовнішньої оболонки будинку- це необхідна умова пасивного будівництва Типовими місцями витоків тепла є:

- з'єднання і стики конструкцій, деталей і стики конструкційних елементів;
- проходження кабелів і трубопроводів через повітроізоляційної оболонку будинку
- стики великих вікон і дверей з підлогою;
- зєднання неоднорідних будівельних матеріалів;
- шви примикання балконів, еркерів та ін.;
- мансардні та слухові вікна, горищні люки та ін.

Теплові містки, тобто ділянки інтенсивного теплообміну з навколишнім середовищем призводять до таких негативних наслідків:

1) зниження температури внутрішніх поверхонь зовнішніх стін, що може призвести до утворення конденсату на поверхнях будівельних конструкцій і появи цвілі;

2) зростання тепловтрат у місці розташування теплопровідних включень.

Герметизація всіх щілин та швів дозволяє виключити тепловтрати. Уся опалювальна площа будинку обхвачується безперервною теплоізоляційною й герметичною оболонкою, у тому числі стіни, покрівля та підлога. Повністю необхідно виключити всі теплові містки холоду, розшарування утеплювача, щілини. Для виконання герметизації,

монтажних та теплоізоляційних робіт часто використовуються, ізоляційні плівки та стрічки, а також усуваючи можливі щілини у місцях проходження силових кабелів, труб за допомогою вкладишів, пробок та накладок. У «пасивному» будинку можна запобігти цим негативним впливам, так як температури на всіх зовнішніх стінах залишаються досить високими, що може більше призвести до негативного впливу вологи, також додаткові тепловтрати дуже малі. Якщо теплові втрати від теплових містків менше ніж граничне значення лінійного коефіцієнта теплопередачі, $0,01 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$, то така конструкція задовольняє критеріям конструювання без теплових містків. На рис.1.7 наведена принципова схема влаштування теплоізоляційної оболонки будинку.



Рис.1.7 Схема безперервної теплоізоляційної оболонки пасивного будинку

Таким чином можна визначити основні положення проектування будинку, який відповідає стандартам «Passivhaus»:

1. Енергетично раціональна орієнтація будинку з розташуванням житлової зони з південного боку і буферних зон з північного.
2. Збільшення компактності будинку за рахунок скорочення площі зовнішніх огорожувальних конструкцій і відмови від зайвої прорізаності фасадів.
3. Застосування енергоефективних вікон (наприклад, склопакет з двома камерами заповнений інертним газом і двома низькоемісійними покриттями) переважно на південних фасадах.
4. Припливно-витяжна вентиляція з рекуперацією тепла.
5. Улаштування герметичної оболонки по всьому опалювальному об'єму будинку.
6. Улаштування суцільної безперервної достаньо товстої оболонки з відсутністю теплових містків.
7. Використання поновлювальних джерел енергії і спеціального обладнання для генерації енергії.

За допомогою вищеперерахованих рішень і обладнання, які будуть застосовані при проектуванні і будівництві пасивного будинку, можлива значна економія енергії до 80% порівняно зі звичайним будинком.

1.3. Програмний комплекс PHPP для розрахунку енергобалансу пасивного будинку

Програмний комплекс PHPP (passive house planning package) розроблений і призначений для визначення розрахунку енергобалансу будинку з метою його відповідності стандарту "пасивного будинку"



Рис.1.8 Загальний вид програми PHPP7

Пакет проектування пасивного будинку PHPP було розроблено Інститутом пасивного будинку (Passive House Institute), на основі додатку Excel програми Microsoft Office , і вперше представлено в 1998 році. Розрахункові значення показників стандарту "пасивного будинку" були встановлені доктором В. Файстом:

- питома витрата тепла на опалення $q_n = 15 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\cdot\text{рік})$;
- питоме споживання первинної енергії $q_p = 120 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\cdot\text{рік})$

Вищевказані значення обумовлені кліматичними умовами Німеччини.

Програмний комплекс PHPP розроблено на програмі MS Excel у форматі `xlsx/xlsm`. Системними вимогами для PHPP вер.7 є Microsoft Microsoft Excel 2007 (або новіша версія). Пакет PHPP також можна використовувати з поточними версіями Open Office або Libre Office, на

системах Linux і на комп'ютерах Macintosh. Але, залежно від використовуваних платформ та програмних продуктів, функціональність інструмента обчислення або макросів додаткового інструменту може бути обмежена.

Таблиці розрахунків для балансів опалення приміщень (річні та місячні методи), для розподілу та постачання тепла, а також для споживання електроенергії та первинної енергії є основними функціями цього інструменту.

Пакет PHPP постійно вдосконалюється розвивається. У ньому впроваджуються нові модулі і розширені можливості, наприклад, розрахунки параметрів склопакетів, затінення, літнього режиму, потреби в охолодженні, обліку поновлюваних джерел енергії, вентиляції для великих об'єктів і нежитлових будівель, реконструкції будівель, тощо, з урахуванням відновлюваних джерел енергії та сертифікації EnerPHit (модернізація існуючих будівель).

Основні перевагами пакету PHPP:

- Розрахунок енергетичного балансу в форматі Excel.
- Легке та введення даних і гнучке їх коректування, де це необхідно.
- Висока точність результатів розрахунку.
- Перевірка відповідності проекту стандарту пасивного будинку та модернізації EnerPHit.
- Дружній інтерфейс для імпорту/експорту даних в інші програми.
- Можливість поєднувати з інструментом 3D designPH (плагін для SketchUP).



Рис.1.10 Загальний вид програми PHPP9

Сучасний пакет PHPP - багатофункціональний програмний комплекс для розрахунку енергобалансу будинку, який містить 25 розрахункових аркушів, пов'язаними між собою.

Пакет планування пасивного будинку PHPP забезпечує надійні результати для розробки проектів енергоефективності і виконує наступні розрахунки:

1. Розрахунок енергетичних енергобалансів: (річна потреба в опаленні [Розрахунок опалювального навантаження [кВт·год/(м²а)]кВт·год/(м²а)] і максимальне опалювальне навантаження [Вт/м²];
2. Оцінка річного приросту енергії з відновлюваних джерел (кВт·год/(м²ґрунту).
3. Розрахунків коефіцієнтів теплопередачі U-значення конструкцій будинку з високим рівнем теплоізоляції.
4. Розрахунок теплових надходжень від сонця та розрахунок побутових тепловиділень;

5. Розрахунків літнього комфорту й енергія на охолодження: частота перегріву [%].

6. Розрахунок потреби в охолодженні на рік [кВт·год/(м²)] і максимальне навантаження на охолодження [Вт/м²]

7. Розрахунок електроенергії на побутові й допоміжні потреби;

8. Розрахунок попиту на відновлювану первинну енергію (PER) на рік і потреба в первинній енергії (PE) для всіх енергетичних послуг у будівлі

Перевірка результатів розрахунку в результаті порівняння з необхідними показниками (підтвердження стандарту пасивного будинку).

Структура програми PHPP подана у таблиці 1.

Проект пассивного дома: Страницы Содержание			
Название страницы	Функция	Краткое описание	Для сертификации
Сертификат	Информация о проекте, суммарные результаты	Описание объекта и выбор методов расчета, обобщение результатов	Да
Площади	Общая площадь	Элементы строительной площади, тепловые мосты, обработка площади, использует внешние ссылки	Да
Улистит	Улиститы суммарно	Лист расчета результатов из листа U-значения, Base Data: строительные элементы	Да
U-значения	Вычисление стандартных строительных элементов U-значений	Вычисление коэффициента передачи тепла в соответствии с DIN EN ISO 6946	Да
Земля	Вычисление	Более точное вычисление потерь тепла через землю	Если применимо
Окна	Определение U _g -значений	Все параметры: ориентировка, фазы рамы, ширина рамы, U _g и U-значения рамы, коэффициент потерь тепла через тепловые мосты соединений, от этого также определяется U _g и полное значение	Да
Тип окон	Отопление и детали рамы	Списки оконных рам и створок со всеми необходимыми характеристиками	Да
Затенение	Определение факторов затенения и влияния ориентации окна	Все параметры затенения, например балконы, более соседей, выделены окна и вычисление факторов затенения	Да
Вентиляция	Соотношение воздушных потоков, баланс притока-выбита воздуха, результаты теста Бавенца	Размерная вентиляционная системы от притока и оттока воздуха, конечное соотношение по воздухообмену и воздухопроницаемости, все результаты теста на Бавенца	Да
Тепловой баланс	Глобаль потребность тепла / Глобаль расчет	Расчет глобальной потребности в тепловой энергии по методу энергетического баланса и вентиляции здания (солнечная энергия + внутренние источники)	Да
Месечный метод	По DIN 532 вычислено расчете потребности в тепле	Эквивалентный спрос Расчет тепловой нагрузки, основанный на DIN EN 532 Сделайте необходимый выбор в листе Вентиляция для расчета по этой процедуре	Если применимо
Тепловая нагрузка	Расчет потребности отопляемого объекта	Расчет баланса номинальной тепловой нагрузки, используя процедуру для притока/выбита воздуха - макс. вентиляция - и (минимум) солнечная поступление + внутренняя теплопритоки	Да
Лето	Длина летнего климата	Вычисление частоты перегрева на море комфорта летом	Да
Летняя затенение	Определение факторов затенения для лета	Факторы затенения для летнего периода	Да
Летняя вентиляция	Расчет летней вентиляции	Ожидаемые соотношения воздушных потоков для естественной вентиляции в течение летнего периода	Если применимо
Отопление	Эквивалентный метод для расчета необходимого отопления	Расчет глобальной потребности отопления, аналогично странице Месечный метод	Если применимо
Отопительные	Скрытая энергия отопления	Расчет энергии, требуемой для осушения и выбор методов отопления	При наличии
Нагрузка отопления	Расчет нагрузки отопления здания	Расчет средней/максимальной нагрузки отопления здания	Нет
ГВС* распределение	Потери распределения/ Потребление и потери тепла	Расчет проводки (отопление, горячая вода) Потери тепла; Расчет полезной тепловой нагрузки на горячее водоснабжение и потери при хранении	Да
Солнечное ГВС	Солнечный обогрев ГВС	Вычисление солнечной части в ГВС	Если система имеется
Электричество	Требования к электроснабжению	Расчет электрической нагрузки пассивного дома с жилым использованием	Да
Эквивалентность на климат	На условия потребности в электроснабжении	Расчет соответствия и эквивалентности для локальных электроснабжающих систем для жилых зданий	Нет

Після запуску програми PHPP на екрані монітора з'являється вікно, яке включає аркуші: Інформація, Сертифікат, Площі, Вікна та ін.

Кожен розрахунок виконується на окремому аркуші файла електронної таблиці з відповідною назвою. (табл. 1.2) .

Табл.1.2.

Сертифікат	Інформація про проект, Підсумкові результати	Опис об'єкта й вибір методу розрахунку, узагальнення результатів
Площі	Загальні площі	Елементи будівельних площ, теплові містки, оброблена площа, зовнішні посилання
Аркуш U-значень	U-значення сумарно	Аркуш розрахунку результатів з аркуша U-значення. База даних будівельних елементів
U-значення	Обчислення U-значень будівельних елементів (зовнішні стіни, стеля, внутрішні стіни і т.п.)	Обчислення коефіцієнта теплопередачі у відповідності з DIN EN ISO 6946
Земля	Обчислення втрат тепла через землю	Точне обчислення втрат тепла через землю
Вікна	Визначення U_w -значень	Уведення геометрії, орієнтації вікон, довжини рами, ширини рами, U_q і U-значень рами, коефіцієнт втрати тепла через теплові містки з'єднань, визначається U_w і повне випромінювання
Тип вікон	Скління і деталі рами	Перелік віконних рам і скла з відповідними характеристиками
Затінення	Визначення факторів затінення й впливи орієнтації вікна	Параметри затінення, наприклад балкони, сусідні будинки. Обчислення факторів затінення
Вентиляція	Співвідношення повітряних потоків, баланс припливу-витягу повітря, результати тесту тиском	Кінцеве співвідношення з повітрообміну і ефективність теплоповернення, введення результату тесту тиском
Тепловий баланс	Річна потреба тепла / Річний розрахунок	Розрахунок річної потреби тепла методом енергетичного балансу
Помісячний метод	Розрахунок потреби тепла по місяцях	Помісячний попит. Розрахунок теплового процесу, на основі DIN EN 832.

Теплове навантаження	Розрахунок потреби опалювального об'єкта	Розрахунок балансу номінального теплового навантаження
Літо	Вплив літнього клімату	Обчислення частоти перегріву влітку
Літнє екранування	Визначення факторів затінення для літа	Фактори затінення для літнього періоду
Літня вентиляція	Розрахунок літньої вентиляції	Очікувані співвідношення повітряних потоків для природної вентиляції протягом літнього періоду
Охолодження	Помісячний метод для розрахунку необхідного охолодження	Розрахунок річного охолодження, аналогічно помісячному методу
Охолоджувачі	Енергія охолодження	Розрахунок енергії для осушення і вибір методів охолодження
Навантаження охолодження	Розрахунок навантаження охолодження	Розрахунок середньоденного навантаження охолодження будинку
ГВП+ розподіл	Втрати розподілу. Потреби і втрати тепла	Розрахунок опалювального і гарячого навантаження Втрати тепла; Розрахунок по корисного теплового навантаження на гаряче водопостачання і втрати при зберіганні.
Сонячне ГВП	Сонячний обігрів ГВП	Обчислення сонячної частки енергії в ГВП
Електрика	Вимоги до електропостачання	Розрахунок електричного навантаження житлового пасивного будинку
Електрика нежитлова	Потреби у електриці нежитлових будівель	Розрахунок електричного навантаження нежитлових будівель
Допоміжна навантаження	Потужність додаткового навантаження	Розрахунок потужності допоміжних споживачів і попереднє споживання енергії
Попередні значення енергії	Визначення первісної енергії і викидів CO ₂	Вибір теплових генераторів, обчислення відповідної потужності і викидів CO ₂ за результатами розрахунків

Компакт	Ефективність теплогенератора. Компактний тепловий насос	Розрахунок ефективності комбінованого вироблення тепла для опалення виключно за допомогою теплового насоса
Котел	Ефективність теплогенератора Котел	Розрахунок теплових енергопотреб звичайних котлів
Теплова централь	Центральне опалення	Розрахунок потреб у первинній і кінцевій енергії
Кліматичні дані	Вибір кліматичного району або визначення інформації користувача	Кліматична інформація для аркушів Річний розрахунок тепла, Вікна, Теплове навантаження, Помісячний метод, Охолодження
Внутрішні джерела тепла	Внутрішні надходження тепла	Розрахунок внутрішніх джерел тепла, на основі Електрика і Допоміжна електрика
Внутрішні надходження нежитлові	Помісячний метод надходження тепла нежитлових приміщень	Розрахунок внутрішніх джерел тепла, на основі Електрика і Допоміжна електрика нежитлові
Енергетичні вимоги	Енергетичні сертифіковані вимоги	Енергетичне маркування
Подробиці	База даних	Таблиця основних енергетических факторів і еквівалентів викидів CO ₂ різних енергоносіїв. Таблиця первинної енергії бази даних
Перетворення		Співвідношення між одиницями виміру фізичних величин

На початковому етапі розрахунків вводиться інформація про проект та вихідні умови: тип будівлі, місцезнаходження, власник, проєктант, рік проєкту, інженерне обладнання, внутрішній об'єм, кількість мешканців, внутрішня температура та ін.

Етапи проведення розрахунків подано на рис.1.11.-1.29

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
										
Здание		Житловий будинок								
Расположение и климат		-								
Улица		Харківська								
Индекс/город		Суми								
Страна		Україна								
Тип здания		Котедж								
Владелец		Мельник В.В.								
Улица										
Архитектор		Бурячков Б.Б								
Улица		Курська, 8								
Индекс/город		Суми								
Инженерное оборудование										
Улица										
Год		2023								
Число жилых блоков		1		Внутренняя температура		20,0		°C		Вс
Внутренний объем V _в		150,3 м ³		Внутр. источник тепла		2,1		W/m ²		
Число жилых помещений		3 п.								
<p>Info Сертификат Площади U-лист U-значения Земля Окна Тип окон Затенение Вентиляция Тепловой баланс</p>										

Рис. 1.11. Введення інформації про проект та вихідні умови

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ											Обзор строительных элементов	Среднее U (Вт/м ² ·К)			
Группа №	Группа площадей	Темп. зона	Площадь	Ед.	Комментарии	Выбор соответствующего строительного элемента		U-элемент (Вт/м ² ·К)							
Здание: <input type="text" value="Жилой будинок"/> Потр. Энергии: <input type="text" value=""/> kWh/(м ²)															
КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ															
1	Обработанная площадь		60,10	м ²	Жилая площадь. Полезная площадь или в тепловой оболочке										
2	Северное окно	A	1,26	м ²	Результаты взяты из страницы «Окна»	Северное окно				6,753					
3	Восточное окно	A	6,02	м ²		Восточное окно				6,000					
4	Южное окно	A	2,98	м ²		Южное окно				7,948					
5	Западное окно	A	3,65	м ²		Западное окно				0,436					
6	Горизонтальные окна	A	0,00	м ²		Горизонтальные окна									
7	Парадная дверь	A	0,00	м ²		Вычесть соответствующую область двери из строительных элементов	Парадная дверь								
8	Внешние стены наружные	A	184,28	м ²	Окonné области вычитаются из отдельных областей, указанных в странице «Окна»	Внешние стены наружные				0,138					
9	Внешняя стена к земле	B	0,00	м ²	Температура зоны «A» окружающего воздуха.	Внешняя стена к земле									
10	Крыша/потолок — наружные	A	83,41	м ²	Температура «B» зоне в области лотка.	Крыша/потолок — наружные				0,108					
11	Плита перекрытия	B	80,93	м ²		Плита перекрытия				0,131					
12			0,00	м ²	Температурные зоны «A», «B», «P» и «X» могут быть использованы, НЕ «I»										
13			0,00	м ²	Температурные зоны «A», «B», «P» и «X» могут быть использованы, НЕ «I» Коэфф для X										
14		X	0,00	м ²	Температурная зона «X»: локализация, укажите определенный пользователем loc 75%										
Тепловые мостики - обзор											U-элемент (Вт/м ² ·К)				
15	Тепловой мост наружного	A	116,85	м	Единицы в м	Тепловой мост наружного воз.				-0,030					
16	Тепловой мост вдоль перим.	P	0,00	м	Единицы в м; температурная зона «P» это периметр (см. Лист «Земля»)	Тепловой мост вдоль перимета									
17	Тепловой мост плиты пола	B	11,35	м	Единицы в м	Тепловой мост плиты пола				0,061					
18	Общая стена с соседями	I	84,84	м ²	Нет потери тепла, только для расчета тепловой нагрузки рассматривается.	Общая стена с соседями				0,375					
Всего тепловая оболочка			362,52	м ²		Средняя тем. оболочка				0,209					
Ввод поверхностей											Выбор соответствующего строительного элемента	U-элемент (Вт/м ² ·К)			
Пов. №	Описание строительных элементов	Группа №	Назначение группы	Кол. x (a [m]	b [m]	Опред. ено пользова телью (m ²)	Вычет пользова теля (m ²)	Вычет площади окон (m ²)	Площадь- f(ейлет) (m ²)	Выбор соответствующего строительного элемента	U-элемент (Вт/м ² ·К)			
1	Обработанная площадь	1	Обработанная площадь	1	x	x	+ 156,00	-		= 156,0					
2	Северное окно	2	Северное окно							11,0	Из страницы «Окна»	0,771			
3	Восточное окно	3	Восточное окно							0,0	Из страницы «Окна»	0,000			
4	Южное окно	4	Южное окно							30,4	Из страницы «Окна»	0,773			
5	Западное окно	5	Западное окно							2,0	Из страницы «Окна»	0,755			
6	Горизонтальные окна	6	Горизонтальные окна							0,0	Из страницы «Окна»	0,000			
7	Парадная дверь	7	Парадная дверь		x	x	+	-		=	начение внешней двери				
8	Внешняя южная стена	8	Внешние стены наружные	1	x	7,13	x	10,31	+	-	30,4	= 43,1	Внешние стены	1	0,138
9	Внешняя северная стена	8	Внешние стены наружные	1	x	7,13	x	7,48	+	-	11,0	= 42,3	Внешние стены	1	0,138
10	Внешняя западная стена	8	Внешние стены наружные	1	x	11,35	x	8,89	+	-	2,0	= 98,9	Внешние стены	1	0,138
11	Крыша	10	Крыша/потолок — наружные	1	x	7,13	x	11,70	+	-	0,0	= 83,4	Потолок	2	0,108
12	Подвальный этаж	11	Плита перекрытия	1	x	7,13	x	11,35	+	-	0,0	= 80,9	Подвальный потолок	3	0,131
13					x	x	+	-		=					
14	Разделительная стена	18	Общая стена с соседями	1	x	11,35	x	7,48	+	-	0,0	= 84,8	Разделительные стены	4	0,375
15					x	x	+	-		=					

Рис. 1.12. Визначення площ приміщень

U — значения строительных элементов

Клиновидной Слой и строительный элемент

Здание: **Мой дом** *Еще воздушные пространства -> Расчет Вторичные вправо*

1 Внешние стены

Строение №: Описание строения

№: *Значение теплопередачи [m²K/W]* внутреннее R_{ст}: **0,13**

внешнее R_{ст,в}: **0,04**

Секция площади 1	λ [Вт/м·К]	Секция площади 2 (option)	λ [Вт/м·К]	Секция площади 3 (option)	λ [Вт/м·К]	Общая ширина
						Толщина [мм]
1. Интерьер штукатурка	0,350					15
2. Силикатный Блоки	1,100					175
3. пенополистирол	0,040					275
4. Наружная штукатурка	0,800					20
5.						
6.						
7.						
8.						

Доля поверхности 2: Доля поверхности 3:

Всего: 48,5 см

U-значение: 0,138 W/(m²K)

Рис. 1.13. Розрахунок U-значення – коефіцієнтів теплопередачі зовнішніх стін

2 Потолок

Строение №: Описание строения

№: *Сопротивление теплопередачи [m²K/W]* внутреннее R_{ст}: **0,10**

внешнее R_{ст,в}: **0,04**

Секция площади 1	λ [Вт/м·К]	Секция площади 2 (option)	λ [Вт/м·К]	Секция площади 3 (optional)	λ [Вт/м·К]	Общая ширина
						Толщина [мм]
1. Доска	0,130					50
2. Минеральная вата	0,040	Stegträger	0,374			400
3. Гипсокартон	0,700					13
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						

Доля поверхности 2: **2,0%** Доля поверхности 3:

Всего: 46,3 см

U-значение: 0,108 W/(m²K)

Рис. 1.14. Розрахунок U-значення коефіцієнта теплопередачі стелі, внутрішніх стін приміщення

Проектирование пассивного дома

Сведения о вентиляции

Здание	Мой дом		
Обработанная площадь A_{Ez}	m ²	156	(Страница Площади)
Высота комнат h	m	2,5	(Страница Тепловой Баланс)
Вентиляционный объём $(A_{Ez} \cdot h) = V_L$	m ³	390	(Страница Тепловой Баланс)

Определение размеров оборудования для стандартного режима вентиляции

Вместимость	m ³ /P	39				
Число проживающих	P	4,0				
Поставка воздуха на человека	m ³ /(P·h)	30				
Необходимый объём воздуха	m ³ /h	120				
Помещения для вытяжки			Кухня	Ванная	Душ	Туалет
Количество			1	1	1	1
Требования для вытяжки для комнаты	m ³ /h	60		40		20
Полный объём воздуха для вытяжки	m ³ /h	140				
Проектный расход воздуха (max)	m ³ /h	152				

Усреднённый расчет воздухообмена

Режим работы	ч/д длительность ежедневной работы	Максимум поправочные коэффициенты	Расход воздуха поправочные коэффициенты	Оценка воздухообмена
Максимум		1,00	152	0,39
Стандартный	24,0	0,77	117	0,30
Основной		0,54	82	0,21
Минимальный		0,40	61	0,16
<input checked="" type="checkbox"/> жилой дом	Среднее значение	0,77	Ср. величина 117	Ср. соотн. воздухообмена (1/h) 0,30

В соответствии с DIN EN 13790 постороннее проникновение например-негерметичность

Сведения о вентиляции											
Здание	ЖИТЛОВЫЙ БУДИНОК										
Обработанная площадь A_{Ez}	m ²	60									
Высота комнат h	m	2,5									
Вентиляционный объём $(A_{Ez} \cdot h) = V_L$	m ³	150									
Определение размеров оборудования для стандартного режима вентиляции											
Вместимость	m ³ /P	20									
Число проживающих	P	3,0									
Поставка воздуха на человека	m ³ /(P·h)	30									
Необходимый объём воздуха	m ³ /h	90									
Помещения для вытяжки			Кухня	Ванная	Душ	Туалет					
Количество			1	0	1	1					
Требования для вытяжки для комнаты	m ³ /h	60		40		20					
Полный объём воздуха для вытяжки	m ³ /h	100									
Проектный расход воздуха (max)	m ³ /h	100									
Усреднённый расчет воздухообмена											
Режим работы	ч/д длительность ежедневной работы	Максимум поправочные коэффициенты	Расход воздуха поправочные коэффициенты	Оценка воздухообмена							
Максимум		1,00	100	0,67							
Стандартный	24,0	0,77	77	0,51							
Основной		0,54	54	0,36							
Минимальный		0,40	40	0,27							
<input checked="" type="checkbox"/> жилой дом	Среднее значение	0,77	Ср. величина 77	Ср. соотн. воздухообмена (1/h) 0,51							

В соответствии с DIN EN 13790 постороннее проникновение например-негерметичность

Рис. 1.15. Розрахунок системи вентиляції

Отопл.-е, охладж.-е, ГВ, эл. энер-я на вспом. и быт. нужды		42,5	65,3	15,6
Общее удел. потреб-е ПЭ	65,3	кВтч/(м ² год)		
Общ. эмиссия в эквиваленте CO ₂	15,6	кг/(м ² год)	(данные)	
Требование по первичной энергии		120	кВтч/(м ² год)	да
Отопл.-е, ГВ, эл. энер-я на вспом. нужды (без быт. исп-я)		29,1	37,7	8,8
Удел. потреб-е ПЭ для инж. оборуд-я зд-я	37,7	кВтч/(м ² год)		
Общ. эмиссия в эквиваленте CO ₂	8,8	кг/(м ² год)		
Эл. энергия от солн. радиации		кВтч/год	Удел. потреб-е ПЭ (экономленое)	Фактор эмиссии CO ₂
Проектное значение выработки эл. энергии в год	<i>Собственный расчет</i>	2600	кВтч/кВтч	кг/кВтч
			0,7	2,50
Удельный расход		16,7	11,7	4,2
Удел. потреб-е ПЭ: экономия за счет выработ. эл. тока от фотог	33,3	кВтч/(м ² год)		
эконом-я эмиссия CO ₂ благ-ря эл. энергии от солнца	7,2	кг/(м ² год)		

Рис. 1.16. Розрахунок питомого споживання первинної енергії й викидів CO₂

Ввод тепловых мостов											
N тепл. моста	Тепловые мосты Описание соединения или слабого участка	N группы	Соответствие группе	Коп-во	Собств. определ-ние длины [м]	Вычет длины, спец. вычисления [м]	≠	Длина l [м]	Ввод линейного коэф-та теплопередачи Вт/(м ² С)	Ψ Вт/(м ² С)	
1	НС-П наруж. стена - перехр	15	Тепл. мосты - наруж. воздух	1	x (24,85	-	) =	24,85	НС-П наруж. стена - перекрытия	-0,039
2	Внутр. перегородка - перехр	17	Тепл. мосты фонд. плиты/пола	1	x (11,35	-	) =	11,35	Внутр. перегородка - перекрытия	0,061
3	Внутренние перегородки	15	Тепл. мосты - наруж. воздух	1	x (17,36	-	) =	17,36	Внутренние перегородки	0,000
4	Междустажные перекрытия	15	Тепл. мосты - наруж. воздух	1	x (20,25	-	) =	20,25	Междустажные перекрытия	0,002
5	Внутр. перегородка - крыша	15	Тепл. мосты - наруж. воздух	1	x (11,77	-	) =	11,77	Внутр. перегородка - крыша	0,005
6	НС-К наруж. стена - крыша	15	Тепл. мосты - наруж. воздух	1	x (25,27	-	) =	25,27	НС-К наруж. стена - крыша	-0,061
7	НС-НС угол наружной стены	15	Тепл. мосты - наруж. воздух	1	x (17,36	-	) =	17,36	НС-НС угол наружной стены	-0,062
8					x (-) =				

Рис. 1.17. Розрахунок теплових мостів

Требования с ссылкой на конкретную площадь			
Обрабатываемая площадь	60,1 m ²		
	Применяется	Ежемесячно	
			PH-сертификат
			Полностью?
Потребность тепловой энергии	kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a)	да
Результаты тестирования на герметичность	0,2 h ⁻¹	0,6 h ⁻¹	да
Всего. Первичные потребности в энергии	kWh/(m ² a)	120 kWh/(m ² a)	да
<small>ГВС, Обогрев, вспомогательная и бытовая</small>	kWh/(m ² a)		
<small>Начальные соотношения энергии ГВС, Обогрев и домашняя электрика</small>	kWh/(m ² a)		
<small>Начальные соотношения энергии — сохранение солнечной энергии</small>	kWh/(m ² a)		
Нагрузка отопления	W/m ²		
Частота перегрева	%	25 °C (выше) (перегрев)	
Конкретная Полезное Охлаждение спроса на энергию:	kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a)	
Нагрузка охлаждения	W/m ²		

Рис.1 .19 Підтвердження стандарту Passive House .

Програма РНРР була розроблена спеціально для проектування пасивних будинків, але може також використовуватися при проектуванні будівель різного класу енергоефективності, у тому числі для моделювання та розрахунків енергетичних балансів при реконструкції/модернізації будівель різного призначення.

РОЗДІЛ 2. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДИК РОЗРАХУНКУ ЗА ДЕРЖАВНИМИ НОРМАМИ І СТАНДАРТОМ «PASSIVHAUS»

2.1. Вихідні дані.

Загальна характеристики об'єкта проектування.

Об'єкт, що проектується – одноповерховий житловий будинок.

Район будівництва - м. Суми.

Зовнішні стіни будинку завтовшки 40 см виконані з пустотілої цегли із зовнішнім утеплювачем з мінераловатних плит завтовшки 30 см.

Фундамент – монолітна залізобетонна плита завтовшки 25 см.

Середня висота поверху – 2,5 м.

Дах двосхилий, конструкції дерев'яні, покрівля з металочерепиці.

Дах утеплений мінераловатним утеплювачем завтовшки 35 см.

Світлопрозорі конструкції (вікна, двері) виконані з ПВХ-профілів із двокамерними склопакетами з варіантом скління 4-16-4 (завтовшки 4 мм марки з м'яким низько емісійним покриттям на внутрішньому склі, відстань між склом 16 мм.; зовнішня камера - заповнена повітрям, внутрішня камера –аргоном).

Будинок не має горища, підвалу.

У проекті передбачено:

- система опалення – електричні конвектори;
- система вентиляції - припливно-витяжна з рекуперацією повітря;
- альтернативні джерела – сонячний вакуумний колектор для гарячого водопостачання.

Фасади будинку наведено на рис. 2.1.

План поверху будинку наведено на рис. 2.2.

Геометричні показники будинку.

Площі зовнішніх огорожувальних конструкцій, опалювальна площа, площа житлових приміщень, опалювальний об'єм будівлі та ін., необхідні для розрахунку, визначаємо на основі проектних даних.

Основні об'ємно-планувальні показники:

- загальна площа будинку – $F = 70,13 \text{ м}^2$
- опалювальна площа будинку – $F_h = 60,1 \text{ м}^2$;

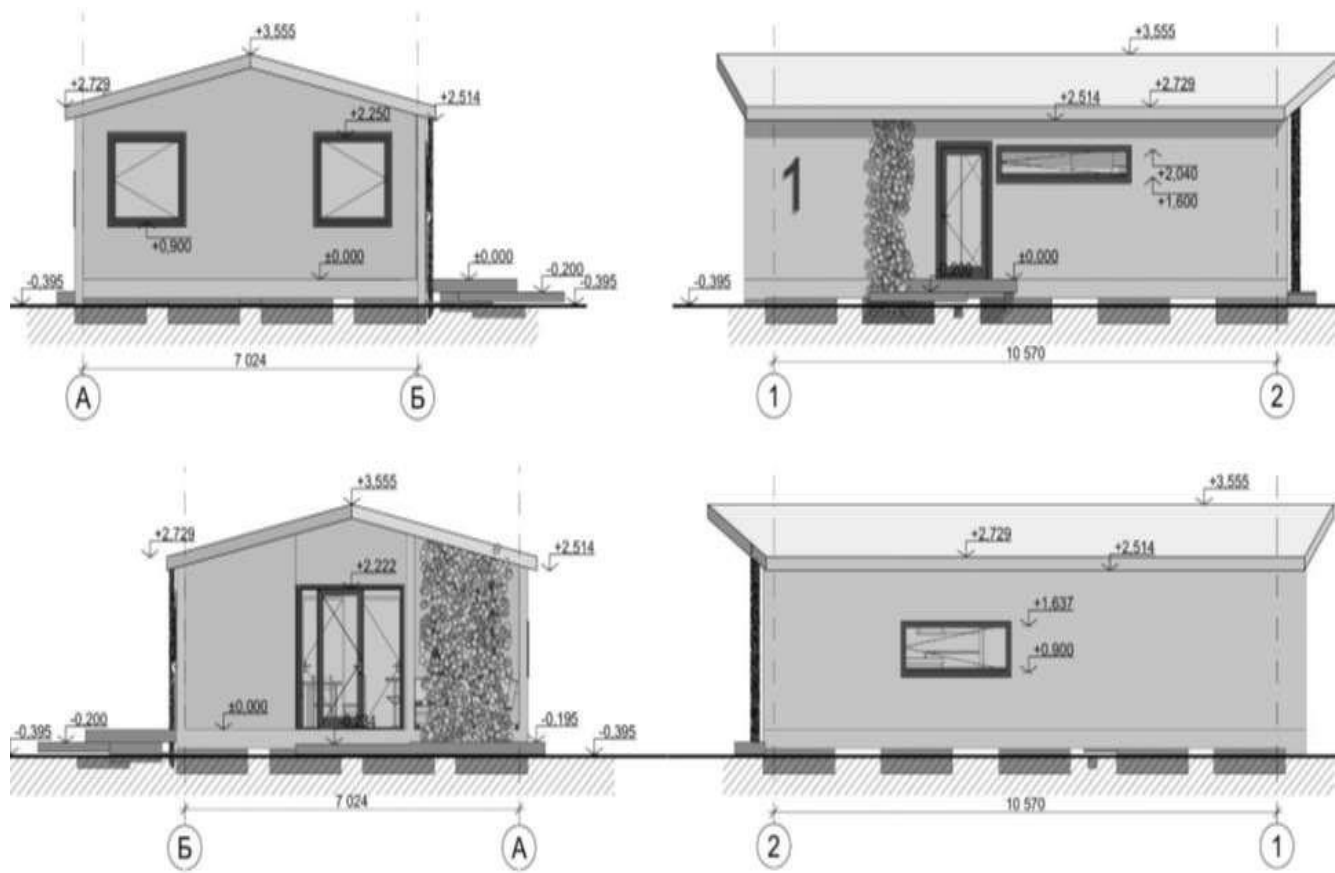


Рис.2.1. Фасади будинку

- житлова площа – $F_{ж} = 50,71 \text{ м}^2$;
- опалювальний об'єм будинку – $V_h = 126,78 \text{ м}^3$;
- загальна площа зовнішніх огорожувальних конструкцій – $F_{\Sigma} = 236,91 \text{ м}^2$;

- загальна площа зовнішніх непрозорих стінових огорожувальних конструкцій – $F_{нп}=148,6 \text{ м}^2$;
- загальна площа зовнішніх світлопрозорих конструкцій – $F_{сп.в} = 13,905 \text{ м}^2$;
- загальна площа даху – $F_{дах} = 78,6 \text{ м}^2$;
- загальна площа підлоги по ґрунту – $F_{п} = 75,4 \text{ м}^2$.

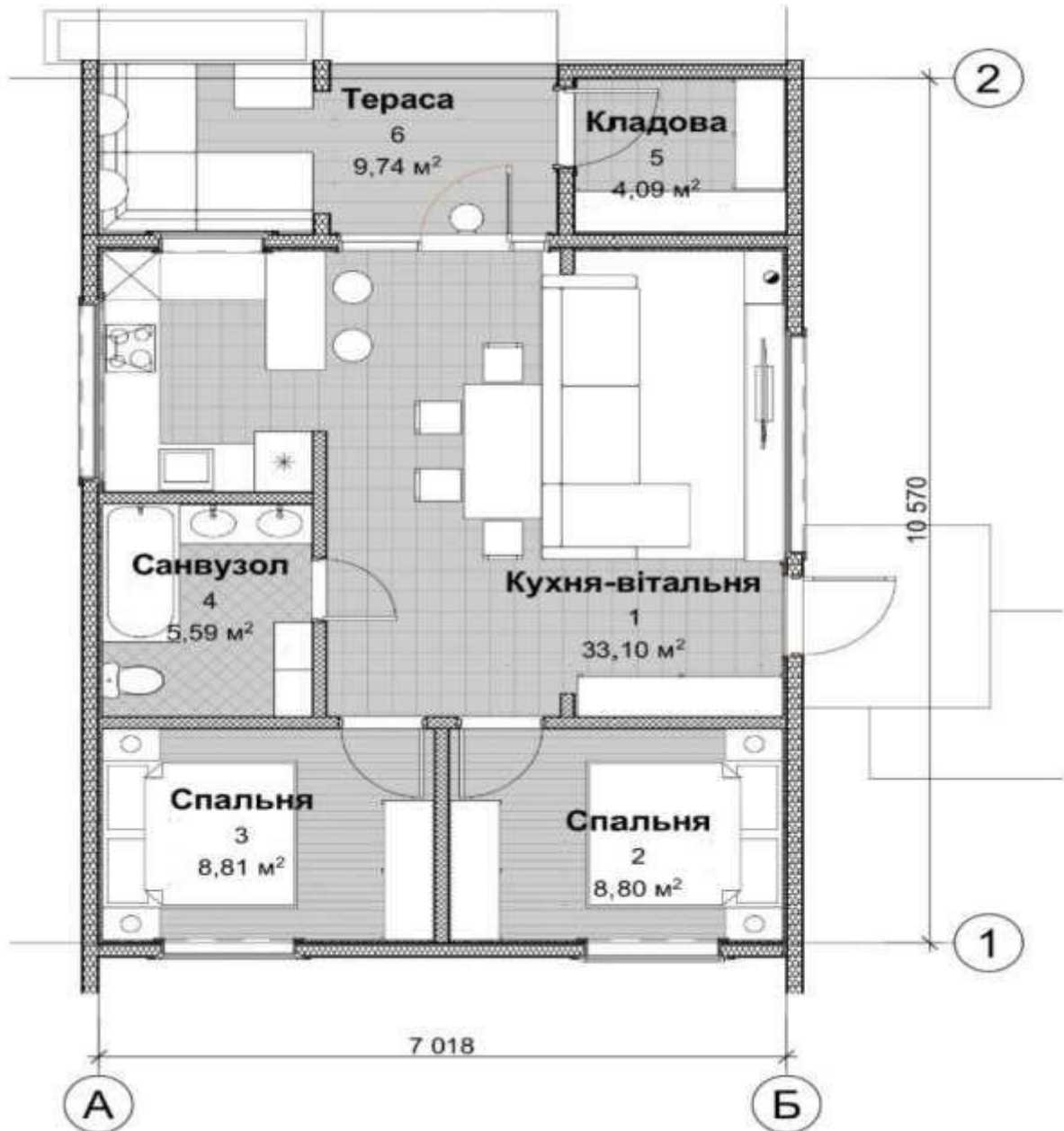


Рис.2.2. План поверху будинку

2.2. Визначення кліматичних характеристик.

Розрахункові параметри клімату місця будівництва.

Розрахунок кліматичних характеристик за державними нормами (ДСТУ-Н Б В.1.1-27, ДБН В.2.6-31,):

Місто Суми знаходиться у першому північно-західному кліматичному районі. Згідно з ДБН В.2.6-31 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» для житлових будинків розрахункова температура внутрішнього повітря $t_{в} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Розрахункова температура зовнішнього повітря для умов м. Суми $t_{з} = -20 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Кількість градусо-днів опалювального періоду для I температурної зони – $D_d = 3501 \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{дб}$ (рис.2.3).



Рис.2.3. Карта районування території України за кількістю градусо-днів опалювального періоду

Згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27 тривалість опалювального періоду для м. Суми складає $z_{оп} = 187$ дб. Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період $t_{оп з} = -1,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Температура найхолоднішої п'ятиденки з забезпеченістю 0,92, $t_{нп} = -27^{\circ}\text{C}$.

Середні величини сумарної сонячної радіації за опалювальний період, кВт·г/м², [10] наведені у табл. 2.1

Таблиця 2.1

Середня величина сумарної сонячної радіації за опалювальний період, кВт·г/м², залежно від орієнтації та кліматичного району

Кліматичний район	Середня величина сумарної сонячної радіації за опалювальний період								
	Місце розташування світлопрозорих конструкцій								
	вертикальна поверхня								горизонтальна поверхня
	$I_{пк}$	$I_{пс}$	I_c	$I_{пс}$	$I_{па}$	$I_{пз}$	I_z	$I_{пз}$	I_z
Вінниця	147	159	207	282	325	288	211	159	335
Дніпропетровськ	116	127	172	248	293	257	179	127	296
Донецьк	151	165	217	299	346	307	223	165	325
Житомир	158	172	226	310	357	315	230	172	319
Запоріжжя	126	138	184	262	307	270	191	138	311
Івано-Франківськ	162	175	228	315	365	322	234	175	338
Київ	140	153	204	286	332	291	209	153	313
Кіровоград	136	149	201	283	329	296	207	149	326
Луганськ	159	175	234	330	386	339	242	175	319
Луцьк	147	159	207	283	325	288	211	160	298
Львів	155	167	212	281	319	285	216	167	340
Миколаїв	118	129	177	265	318	274	186	129	288
Одеса	120	131	175	254	300	259	183	130	287
Полтава	145	157	206	287	334	294	211	157	326
Рівне	144	156	198	276	315	280	207	156	319
Сімферополь	123	133	186	288	349	295	196	133	285
Суми	156	169	220	299	341	303	224	169	331
Тернопіль	165	179	235	326	377	333	241	179	338
Ужгород	119	128	175	258	309	267	183	129	280
Харків	147	159	212	298	348	304	217	159	333
Херсон	121	132	179	264	314	270	188	132	294
Хмельницький	165	180	236	327	379	334	242	179	337
Черкаси	157	169	217	292	335	298	221	169	339
Чернівці	133	145	193	271	317	279	199	145	325
Чернігів	177	188	235	310	350	313	238	188	317
Ялта	81	87	124	203	252	209	131	87	194

Кліматичні дані району будівництва зводимо у табл. 2.2

Таблиця 2.2

Кліматичні дані для м.Суми	Значення
Температура найхолоднішої п'ятиденки забезпеченістю 0,92, °С	-25
Середня температура за опалювальний період, °С	-1,4
Розрахункові температури зовнішнього повітря, °С	-20
розрахункова температура внутрішнього повітря , °С	20
Тривалість опалювального періоду	187
Кількість градусо-днів опалювального періоду Dd	3501
Сонячна радіація, кВтгод/м ²	
Північ	156
Схід	220
Південь	341
Захід	224

Розрахунок кліматичних характеристик за методикою РНРР

Для розрахунків за кліматичними характеристиками методика РНРР передбачає розрахунки за даними метеостанцій:

- розрахункові температури зовнішнього повітря для кожного місяця;
- температура ґрунту;
- значення сонячної радіації за всіма сторонами світла (табл.2.3);
- градусо-добі опалювального періоду;

Для пасивних будинків методика рекомендує приймати розрахункову температуру внутрішнього повітря $t_{в} = 20$ °С,

Тривалість опалювального періоду $Dd = 3501 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{дб}$ у рік.

Кліматичні дані метеостанцій для м.Суми (методика РНРР)
наведено у табл.2.3.

Таблиця 2.3

Місяць	Розрахункові температури зовнішнього повітря, $^\circ\text{C}$	Температура ґрунту, $^\circ\text{C}$	Сумарна сонячна радіація, кВтгод/м^2 у міс.
1	-5,2	-8,4	34,2
2	-5,4	-7,7	54,04
3	-0,3	-1,3	94,5
4	8,3	7,8	119,4
5	14,6	14,6	161,37
6	17,8	18,7	159,6
7	19,7	21,3	163,7
8	18,6	20,4	166,78
9	13,0	13,9	144,77
10	6,8	6,7	95,7
11	-0,2	-0,7	61,38
12	-4,4	-6,4	33,0
щорічна	7,0	6,7	107,37
Географічна широта – $50,8^\circ$; Географічна довгота – $34,7^\circ$; Висота над рівнем моря - 120 м			

2.3 Розрахунок енергетичних показників будинку Аналіз результатів розрахунків.

Визначення теплових надходжень через вікна від сонячної радіації протягом опалювального періоду (розрахунок за ДСТУ-Н Б В.1.1-27)

Теплові надходження через вікна від сонячної радіації протягом опалювального періоду Q_s , кВт·год, для чотирьох фасадів будинків, орієнтованих за чотирма напрямками сторін світу – північ (Пн), схід (С), південь (Пд) і захід (З) або за проміжними напрямками (північ-захід (ПнЗ), північ-схід (ПнС), південь-схід (ПдС) і південь-захід (ПдЗ)), визначаються за формулою:

$$Q_s = \zeta_{\text{в}} \cdot \varepsilon_{\text{в}} \cdot (F_{\text{Пн}} I_{\text{Пн}} + F_{\text{С}} I_{\text{С}} + F_{\text{Пд}} I_{\text{Пд}} + F_{\text{З}} I_{\text{З}}) + \zeta_{\text{зп}} \cdot \varepsilon_{\text{зп}} \cdot F_{\text{сп.л}} \cdot I_2,$$

де $\zeta_{\text{в}}$, $\zeta_{\text{зп}}$ – коефіцієнти, що враховують затінення світлового прорізу відповідно вікон і зенітних ліхтарів непрозорими елементами заповнення, приймаються згідно з таблицею 1;

$\varepsilon_{\text{в}}$, $\varepsilon_{\text{зп}}$ – коефіцієнти відносного проникання сонячної радіації відповідно для світлопрозорих заповнень вікон і зенітних ліхтарів, що приймаються за паспортними даними відповідних світлопрозорих конструкцій або згідно з таблицею 1; мансардні вікна з кутом нахилу заповнень до горизонту 45° і більше варто вважати як вертикальні вікна, з кутом нахилу менше 45° – як зенітні ліхтарі;

$F_{\text{Пн}}$, $F_{\text{С}}$, $F_{\text{Пд}}$, $F_{\text{З}}$ – площа світлових прорізів фасадів будинку, відповідно орієнтованих за чотирма напрямками світу, м²;

$F_{\text{сп.л}}$ – площа світлових прорізів зенітних ліхтарів будинку, м²;

$I_{\text{Пн}}$, $I_{\text{С}}$, $I_{\text{Пд}}$, $I_{\text{З}}$ – середня величина сонячної радіації за опалювальний період, спрямована на вертикальну поверхню за умов хмарності, відповідно орієнтовану за чотирма фасадами будинку, кВт·год/м², приймається згідно з таблицею 2;

I_2 – середня величина сонячної радіації за опалювальний період, яка спрямована на горизонтальну поверхню за умов хмарності, кВт·год/м², приймається згідно з таблицею 2.

Площа світлових прорізів фасадів будинку, відповідно орієнтованих за чотирма напрямками світу:

$$F_{\text{Пн}} = 1,26 \text{ м}^2; F_{\text{С}} = 6,02 \text{ м}^2; F_{\text{Пд}} = 2,98 \text{ м}^2; F_{\text{З}} = 3,65,1 \text{ м}^2.$$

Враховуючи відсутність світлових прорізів на горищі, $F_{\text{сп.л}} = 0 \text{ м}^2$

$\zeta_{\text{в}}$, $\varepsilon_{\text{в}}$ – коефіцієнти, що враховують відповідно затінення світлового прорізу вікон непрозорими елементами заповнення і відносного проникання сонячної радіації для вікон, приймаються згідно з таблицею 1[10].

$I_{Пн}$, I_C , $I_{Пд}$, I_3 – середня величина сонячної радіації за опалювальний період, спрямована на вертикальну поверхню за умов хмарності, відповідно орієнтована за чотирма фасадами будинку, кВт · год/м², визначається відповідно до табл. 2.4 ДСТУ-Н Б А.2.2-5-2007

Таблиця 2.4

Значення коефіцієнтів затінення світлового прорізу ζ_e і ζ_{zn} та відносного проникання сонячної радіації ϵ_e і ϵ_{zn} відповідно вікон і зенітних ліхтарів

Заповнення світлового прорізу	Коефіцієнти			
	при дерев'яних або ПВХ плетіннях		при алюмінієвих плетіннях	
	ζ_e і ζ_{zn}	ϵ_e і ϵ_{zn}	ζ_e і ζ_{zn}	ϵ_e і ϵ_{zn}
Подвійне скління з 4М ₁ скла в спарених плетіннях	0,75	0,62	0,70	0,62
Подвійне скління із селективним покриттям на внутрішньому склі в спарених плетіннях	0,75	0,65	0,70	0,65
Подвійне скління з 4М ₁ скла в роздільних плетіннях	0,65	0,62	0,60	0,62
Подвійне скління із селективним покриттям на внутрішньому склі в роздільних плетіннях	0,65	0,60	0,60	0,60
Потрійне скління з 4М ₁ скла в окремо спарених плетіннях	0,50	0,70	0,50	0,70
Потрійне скління із селективним покриттям в окремо спарених плетіннях	0,50	0,67	0,50	0,67
Однокамерні склопакети в одинарних плетіннях із:				
– 4М ₁ скла	0,80	0,76	0,80	0,76
– 4К скла	0,80	0,75	0,80	0,75
– 4і скла	0,80	0,54	0,80	0,54
Двокамерні склопакети в одинарних плетіннях із:				
– 4М ₁ скла	0,80	0,74	0,80	0,74
– 4К скла	0,80	0,68	0,80	0,68
– 4і скла	0,80	0,48	0,80	0,48
Одинарне скління з 4М ₁ скла й однокамерні склопакети у роздільних плетіннях із:				
– 4М ₁ скла	0,60	0,63	0,60	0,63
– 4К скла	0,60	0,58	0,60	0,58
– 4і скла	0,60	0,51	0,60	0,58
Одинарне скління з 4М ₁ скла й двокамерні склопакети у роздільних плетіннях із:				
– 4М ₁ скла	0,80	0,80	0,60	0,60
– 4К скла	0,60	0,56	0,58	0,56
– 4і скла	0,60	0,36	0,58	0,56
Подвійне скління з органічного скла для зенітних ліхтарів	0,90	0,90	0,90	0,90
Потрійне скління з органічного скла для зенітних ліхтарів	0,90	0,83	0,90	0,83

Для умов міста Суми середні величини сонячної радіації:

$$I_{Пн} = 156 \text{ кВтгод/м}^2; I_C = 220 \text{ кВтгод/м}^2; I_{Пд} = 341 \text{ кВтгод/м}^2;$$

$$I_3 = 224 \text{ кВтгод/м}^2 .$$

Для двокамерних склопакетів виконані з з ПВХ-профілів з варіантом скління 4-16-4 з і-скла значення коефіцієнтів

$$\zeta_{\epsilon} = 0,8; \epsilon_{\epsilon} = 0,48$$

Отже теплові надходження через вікна будинку від сонячної радіації:

$$Q_c = 0,8 \cdot 0,48 (1,26 \cdot 156 + 6,0 \cdot 220 + 2,98 \cdot 341 + 3,65 \cdot 224) = 1288,46 \text{ кВт год.}$$

Визначення теплових надходжень через вікна від сонячної радіації за методикою «Passivhaus»

Методика РНРР детально враховує всі джерела теплових надходжень, від сонячної радіації наприклад процент та тип скління у кожному вікні будинку.

У розрахунку теплових надходжень від сонячної радіації в РНРР враховуються орієнтація вікон, кут нахилу, затінення вікон та ін. Можливі наступні варіанти затінення:

- від сусідніх будинків і т.п.;
- від верхнього віконного укосу, плити балкону, звісу покрівлі;
- від бокових віконних укосів і т.п.

РНРР дозволяє розрахувати частоту перегріву влітку, а також можливість врахувати спеціального затінення (жалюзі, ролети, ламелі, маркізи).

Розрахунок теплових надходжень через вікна від сонячної радіації виконуємо у програмі РНРР (аркуші – Вікна, Типи вікон, Затінення, Тепловий баланс; Доступне сонячне тепло)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	Кол-во	Описание	Отклонение от севера	Угол наклона от горизонта	Ориентировка	Ширина	Высота	Поверхности в листе	№	Выберите остекление в листе	№	Выберите окно в листе
21												
22			Град.	Град.		м	м	Внешняя южн		Двойное стекление 4/16Argon90°		VEKA - TopLine
23	1	Південь	180	90	Юг	2,20	0,40	Внешняя южн	1	Двойное стекление 4/16Argon90°	20	VEKA - TopLine
24	1	Південь	180	90	Юг	1,00	2,10	Внешняя южн	1	Двойное стекление 4/16Argon90°	20	VEKA - TopLine
25	1	Північ	0	90	Север	1,80	0,70	Внешняя север	1	Двойное стекление 4/16Argon90°	20	VEKA - TopLine
26	1	Захід	270	90	Запад	1,35	1,35	Внешняя запад	2	Двойное стекление 4/16Argon90°	20	VEKA - TopLine
27	1	Схід	90	90	Восток	2,00	2,10	Внешняя запад	3	Двойное стекление 4/16Argon90°	20	VEKA - TopLine
28	1	Схід	90	90	Восток	1,35	1,35		3		20	

U-значени	U-значени	Размеры рамы окна						Установка				Ψ-значени		Результаты			
		Остекление	Рама	левая	правая	нижняя	верхняя	1/0 левая	1/0 правая	1/0 нижняя	1/0 верхняя	Ψ остекл	Ψ установ	Площадь окна	Площадь остекления	U-значени окна	Застекленная часть
-	W/(m²K)	W/(m²K)	м	м	м	м	1	0	1	1	W/(mK)	W/(mK)	м²	м²	W/(m²K)	%	
0,64	1,30	0,74	0,13	0,13	0,13	0,13	1	0	1	1	0,035	0,040	0,88	0,26	1,29	0,30	
0,64	1,30	0,74	0,13	0,13	0,13	0,13	1	0	1	1	0,035	0,040	2,10	1,35	1,26	0,64	
0,64	1,30	0,74	0,13	0,13	0,13	0,13	1	0	1	1	0,035	0,040	1,26	0,67	1,28	0,53	
0,64	1,30	0,74	0,13	0,13	0,13	0,13	1	0	1	1	0,035	0,040	1,82	1,18	1,27	0,65	
0,64	1,30	0,74	0,13	0,13	0,13	0,13	1	1	1	1	0,035	0,040	4,20	3,19	1,30	0,76	
0,64	1,30	0,74	0,13	0,13	0,13	0,13	1	0	1	1	0,035	0,040	1,82	1,18	1,27	0,65	

В	С	Д	Е	Ф	Г	Н	І	Ј	К	Л	М	Н	О	Р	
Здание: Житловий будинок								Глобальная потребность тепла				kWh/(m²a)			

Ориентированная площадь окна	Глобальное излучение	Затенение	Загрязнение	Неперпендикулярные радиационное излучение	Доля остекления	G-Значение	Понижающий коэффициент - Солнечная фракция	Площадь окна	U-значени окна	Остекление поверхности	Средняя полная радиация
maximum:	kWh/(m²a)							м²	W/(m²K)	м²	kWh/(m²a)
Север	140	0,72	0,95	0,85	0,532	0,64	0,31	1,26	1,28	0,7	140
Восток	220	0,88	0,95	0,85	0,725	0,64	0,52	6,02	1,29	4,4	220
Юг	370	0,82	0,95	0,85	0,542	0,64	0,36	2,98	1,27	1,6	370
Запад	230	0,85	0,95	0,85	0,647	0,64	0,44	3,65	1,27	2,4	230
Горизонтально	360	0,75	0,95	0,85	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	360
Полное среднее значение от всех окон						0,640	0,444	13,908	1,283	9,010	

Ориентировка площади	Фактор уменьшения	G-значени	Радиационный нагрев		
См. лист Окна (перп. Излучение.)	Площадь	кWh/(m²a)	кWh/a		
	м²				
1. Север	0,31	0,64	1,26	140	35
2. Восток	0,52	0,64	6,02	220	437
3. Юг	0,36	0,64	2,98	370	253
4. Запад	0,44	0,64	3,65	230	237
5. Горизонтально	0,40	0,00	0,00	360	0
Доступное солнечное тепло Q _s			Всего	962	16,0

Рис.2.4. Розрахунок теплових надходжень через вікна від сонячної радіації

Визначення внутрішніх теплових надходжень.

Розрахунок внутрішніх теплових надходжень за ДСТУ-Н Б В.1.1-27[10].

5.8 Побутові теплонадходження протягом опалювального періоду $Q_{вн.п.}$, кВт·год, визначаються за формулою:

$$Q_{вн.п.} = \chi_1 \cdot q_{вн.п.} \cdot z_{оп} \cdot F_i, \quad (13)$$

де $\chi_1 = 0,024$ – розмірний коефіцієнт;

$q_{вн.п.}$ – величина побутових теплонадходжень на 1 м² житлової площі будівлі або розрахункової площі громадського будинку, Вт/м², визначається для:

а) житлових будинків $q_{вн.п.} = 10$ Вт/м²;

б) громадських та адміністративних будинків величина побутових теплонадходжень враховується за розрахунковою кількістю людей (90 Вт/чол), що знаходяться в будинку, освітленням (за встановленою потужністю) та офісної техніки (у разі відсутності точних даних приймається 10 Вт/м²) з урахуванням кількості робочих годин на тиждень;

$z_{оп}$ – тривалість, діб, опалювального періоду, що визначається згідно зі СНиП 2.01.01 для періоду з середньодобовою температурою зовнішнього повітря не більше ніж 10 °С – у разі проектування лікувально-профілактичних та дитячих закладів, та не більше ніж 8 °С – в інших випадках;

F_i – для житлових будинків – площа квартир, для громадських будинків – розрахункова площа, м².

Побутові надходження протягом опалювального періоду кВтгод, визначаються за формулою

$$Q_{вн.п.} = \chi_1 \cdot q_{вн.п.} \cdot z_{оп} \cdot F_i, \quad (13)$$

де $\chi_1 = 0,024$ – розмірний коефіцієнт;

$q_{вн.п.}$ – величина побутових теплонадходжень на 1 м² житлової площі будівлі або розрахункової площі громадського будинку, Вт/м², визначається для:

житлових будинків $q_{вн.п.} = 10$ Вт/м²;

$z_{оп}$ – тривалість, діб, опалювального періоду, що визначається згідно зі СНиП 2.01.01 для періоду з середньодобовою температурою зовнішнього повітря не більше ніж 10 °С – у разі проектування лікувально-профілактичних та дитячих закладів, та не більше ніж 8 °С – в інших випадках;

F_i – для житлових будинків – площа квартир, для громадських будинків – розрахункова площа, м².

житлова площа – $F_{ж} = 50,71$ м²;

Теплові надходження від внутрішніх джерел, кВт·год

$$Q = \chi_1 q_{вн.п.} z_{оп} F = 0,024 \cdot 10 \cdot 184 \cdot 50,71 = 2239,4 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Розрахунок внутрішніх теплових надходжень за методикою РНРР

Методика РНРР враховує внутрішні теплові надходження для стандартних житлових умов і використовує для розрахунків теплових балансів одноквартирних, багатоквартирних житлових будинків узагальнені значення 2,1 Вт/м² опалювальної площі будівлі.

Теплові надходження від внутрішніх джерел, кВт•год	557	2239,4
--	-----	--------

За результатами порівняльних розрахунків можна зробити наступні висновки:

1. Порівняння двох методик проектування, на прикладі проекту житлового будинку наочно показує їх суттєву різницю у результатах визначення основних енергетичних показників. Це пов'язано з детальними розрахунками у методиці РНРР всіх факторів, які впливають на енергетичні показники.

2. Значення теплових надходжень через вікна від сонячної радіації за ДСТУ у 1,4 рази перевищують розраховані в РНРР. Методика РНРР детально враховує всі впливи на джерела теплових надходжень, наприклад процент скління у кожному вікні будинку, затенення від сусідніх будинків і т.п.; від верхнього віконного укосу, плити балкону, звісу покрівлі;• від бокових віконних укосів і т.п.)

3. Значення теплових надходжень від внутрішніх джерел за ДСТУ значно перевищують розраховані в РНРР – у 4 рази. Це обумовлено перш за все тим, що за останні десятиліття значно зменшились потужності основних побутових приладів (холодильників, пральних машин, телевізорів, комп'ютерів та ін.). У даний час стрімкими темпами відбувається заміна ламп накаливання на світлові діоди, які потребують у сотні разів менше електричної енергії. Змінилась і структура раціону харчування людей, у якій значно зросла частка полуфабрикатів і готових продуктів.

Всі вищевказані перевищення є складовими теплового балансу і значно впливають на потреби у тепловій енергії, що некоректно відображається на основних показниках енергоефективності будинку.

4. Застосування методики РНРР у проектуванні енергоефективного житлового будинку дає можливість досягти набагато більших значень показників енергоефективності, ніж передбачено діючими національними нормами проектування.

РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ВИКЛАДАННЯ ТЕМИ «ПРОЄКТУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО БУДІНКУ»

3.1 Сутність технології проєктного навчання

Освітня технологія - це обґрунтована система педагогічних засобів, форм і методів та їх етапність, спрямована на вирішення конкретних освітніх завдань.

Суттєвими ознаками освітньої технології є:

- наукова концепція, яка містить філософське, психологічне, дидактичне та соціально-педагогічне обґрунтування освітніх цілей;
- системність як цілістність, взаємозв'язок частин і логіка процесу;
- можливість моніторингу поставленої мети, планування, проєктування, діагностування процесу та результатів навчання;
- ефективність досягнутих результатів;
- оптимальність витрат;
- можливість відтворення, застосування у інших подібних умовах;

До педагогічних технологій відносять:

- Інтеграційні технології;
- Ігрові технології;
- Тренінгові технології;
- Комп'ютерні технології
- Активні технології
- Технології проєктного навчання та ін.

Технологія проєктного навчання заснована на методі проєктів для досягнення дидактичної мети шляхом розробки проблеми, у результаті розв'язання якої повинні бути отримані реальним практичні результати – проєкт.

Метод проєктів – сучасний ефективний метод навчання, заснований на об'єднанні теорії і практики, що створює умови, за яких здобувач освіти може самостійно набувати або застосовувати знання й уміння, причому переважно пошукового і дослідницького характеру.

Методи проєктів – це методи пошуку й такої організації навчання, за якої здобувач освіти набувають знань і вмінь у процесі планування та виконання практичних завдань (проєктів).

Цілі, які досягають технологією проєктного навчання:

- включення здобувачів освіти у самостійну навчальну діяльність, розвиток умінь і навичок самоорганізації и самоконтролю;
- розвиток дослідницьких умінь – бачення і формулювання проблеми, побудови гіпотези, експериментального розв'язання проблеми, узагальнення, аналізу;
- розвиток пізнавальної компетентності, умінь роботи з інформацією, аналітичного, логічного та інтуїтивного мислення;
- інтеграції знань різних галузей наук при вирішенні складної проблеми;
- розвиток соціальних якостей особистості – співробітництва у груповому спілкуванні і прийнятті спільних рішень, регулюванні міжособистісних відносин.

Проєктна діяльність є інтегративним видом діяльності, яка забезпечує координацію всіх компонентів освітнього процесу

(змістовного, процесуального, комунікативного), синтезує у собі елементи ігрової, пізнавальної, професійної, комунікативної, навчальної, теоретичної і практичної діяльності.

У процесі виконання проєктних завдань здобувачі освіти оволодівають уміннями:

- роботи у колективі, врахування різних інтересів;
- планування дій, визначення їх послідовності з орієнтовними оцінками витрат часу на кожен з етапів, раціональне використання бюджету часу, сил, засобів;
- виконання узагальненого алгоритму проєктування;
- внесення корективів до раніше ухвалених рішень;
- конструктивне обговорення результатів і проблем етапів проєктування, формулювання конструктивних питань і запитів про допомогу (поради, додаткова інформація тощо.)
- відображення проєктних ідей, задумів, конструктивних рішень за допомогою технічних схем, ескізів, креслень, моделеймакетів та їх аргументованого відстоювання на різних етапах роботи;
- самостійний пошук і знаходження необхідної інформації;
- складання необхідних розрахунків (конструктивних, технологічних, економічних), подання їх наочній формі;
- оцінювання результату досягнення запланованої мети, за об'ємом і якістю виконаної роботи, за трудовитратами, за новизною;
- оцінювання проєктів, виконаних іншими групами.

Загальна структура проєкту:

1. Постановки проблеми.
2. Проєктування.
3. Пошук інформації.
4. Продукт.
5. Презентація проєкту.

Технологічна послідовність етапів у проєктній технології наступна:

1. Планування і організація проєкта: визначення проблеми, обґрунтування актуальності, аналіз вивченості проблеми, формулювання тем проєктів; вибір форм роботи (індивідуальні, групові), розподіл обов'язків; визначення характеристик проєктів; вибір засобів і методів виконання; обговорення критеріїв оцінки якості проєкта і способів оцінювання, способу оформлення результатів і сценарія презентації.

2. Робота над проєктом. Здобувачі освіти збирають, аналізують інформацію з різних джерел (бібліотека, Інтернет-ресурси, опитування, тощо), проводять необхідні дослідження, виконують розрахунки, готують звіт і презентацію результатів. Викладач виступає водночас у ролі розробника, координатора проєкту, експерта та консультанта.

3. Захист проєктів: подання результатів, експертиза проєктів за визначеними критеріями, аналіз і рефлексія.

У загальному випадку процес проведення заняття методом проєктів може складатися з таких етапів:

1. Підготовчий.
2. Постановочний.
3. Виконання проєкту.
4. Оформлення проєкту.
5. Захист проєкту.
6. Оцінювання проєкту

Основними критеріям оцінювання проєкту є:

1. Аргументованість вибору теми, практична спрямованість, значущість проєкту.

2. Об'єм і повнота рішень, виконання етапів проєктування, самостійність, закінченість, матеріальне втілення проєкту.

3. Аргументованість знайдених рішень, підходів, висновків, використання літератури, інформації з Інтернет-джерел.

4. Оригінальність підходів, знайдених рішень, аргументації, матеріального втілення і представлення проєкту.

5. Якість оформлення проєкту: відповідність стандартним вимогам, якість виконання креслень, ескізів, схем.

6. Якість доповіді: структура, повнота представлення роботи, результати.

7. Об'єм і глибина знань з теми та, ерудиція, використання міжпредметних зв'язків.

8. Культура мови, манера, використання наочних засобів, відчуття часу, утримання уваги аудиторії.

9. Відповіді на питання: повнота, аргументованість, переконливість.

10. Ділові і вольові якості доповідача: відповідальне відношення, прагнення до досягнення високих результатів, готовність до дискусії, доброзичливість, контактність.

3.2. Застосування методу проєктів на практичних заняттях з теми «Проектування енергоефективного будинку за стандартом «Passivhaus»

Програмою дисципліни «Енергозберігаючі технології у будівництві при вивченні теми –Проектування пасивного будинку» передбачено лекційних занять – 2 години, практичних – 2 години, самостійної роботи - 6 годин.

У результаті проведення тематичної лекції, практичних занять, самостійної та індивідуальної роботи здобувач освіти повинні знати:

- основи теплопередачі
- основні теплофізичні властивості будівельних матеріалів,

- архітектурно-планувальні та просторові рішення й аналіз їхнього впливу на енерговитрати;
- раціональної системи вентиляції й опалення.

уміти:

- визначати оптимальний типу фасадної теплоізоляції будинків
- виконувати теплотехнічні розрахунків зовнішніх огорожувальних конструкцій.

З урахуванням дидактичних цілей навчання і змісту навчального матеріалу нами було розроблено практичне заняття на основі методу проєктів.

Тема практичного заняття: Розробка проєкту пасивного житлового будинку.

Мета заняття: Сформувані у здобувачів освіти знання та уміння з розробки проєкту пасивного житлового будинку.

Процес проєктування складається з наступних етапів:

1. Аналітичний етап (підготовчий);
2. Етап творчого пошуку і розробки;
3. Заключний етап.

1. Аналітичний етап (підготовчий)

Складається зі збору інформації і її обробки:

1. Вивчення завдання на проєктування.
2. Ознайомлення з методичними матеріалами, вивчення нормативної і спеціальної літератури.
3. Збір й аналіз аналогічних об'єктів у світовій практиці. Рекомендується увагу приділити інтернет-ресурсам, як найбільш ефективним у наданні новітньої інформації.
4. Аналіз кліматичних умов розміщення об'єкта.

Добір проаналізованих аналогічних об'єктів у вигляді схем, креслень, фото з пояснювальними написами, таблицями.

Виписки з нормативної літератури.

2. Етап творчого пошуку і розробки

При виборі конструктивного рішення енергоефективних житлових будинків проєктувальники в основному йдуть по шляху забезпечення максимального теплозахисту конструкцій. Доцільність в умовах помірною й суворого клімату довело раціональність застосування багатошарових поверхонь огорожувальних конструкцій (тришарові стіни, подвійні вентилявані фасади, сандвіч-панелі), сучасних енергоефективних технологій та обладнання і їхнє застосування в комплексі з архітектурно-планувальними й конструктивними рішеннями.

2.2 Оформлення проєкту

Загальні дані:

1. Місце розташування об'єкта проєктування.
2. Техніко-економічні показники (загальна площа, житлова площа, площі зовнішніх огорожувальних конструкцій, опалювальна площа, площа житлових приміщень та кухонь, опалювальний об'єм).
3. Комплексний аналіз клімату.
4. Архітектурно-конструктивні та планувальні рішення (компактність, світлова орієнтованість, облаштування холодних і теплих зон в будинку).
5. Використання конструкцій стін (якщо багатошарові, то описати матеріал), покрівлі, вікон, дверей.
6. Сучасні енергоефективні технології. Дотримання принципів енергоефективності.

Вказуються застосовані в проєкті системи опалення, вентиляції водопостачання, застосування поновлюваних джерел енергії (сонячних батарей і т.п).

Можливі інженерні рішення для проєкту, що працюють за рахунок

поновлюваних джерел енергії й покликані підвищити автономність будинку

- Сонячні колектори, установлені в покрівельне покриття,
- Ґрунтові теплообмінники, використовувані для пасивного підігріву приточного повітря влітку й охолодження взимку, або теплові насоси, що збирають тепло з великої площі ґрунтового масиву, що перебуває нижче глибини замерзання ґрунту, для опалення, вентиляції й нагрівання води.
- Система контрольованої приточно-витяжної вентиляції з рекуперацією тепла.

Організація заняття:

Заняття розраховане на 4 аудиторних години і 6 годин самостійної роботи здобувачів освіти.

На першому практичному занятті викладачу необхідно:

- розділити групу на підгрупи;
- видати технічні завдання кожній підгрупі.

На цьому ж занятті здобувачі освіти можуть розподілити обов'язки між членами підгрупи, розробити програму виконання робіт, ознайомитися з предметом дослідження, і виконати оцінку опору теплопередачі огорожувальних конструкцій об'єкта дослідження.

Усі розрахунки і оформлення проєкту виконуються групами у позааудиторний час.

На другому занятті кожна підгрупа повинна розробити заходи підвищення енергоефективності житлового будинку до стандарту passive house і захистити свій проєкт. На цьому ж занятті підводяться підсумки виконання проєктів і оголошуються їх результати.

Розглянемо особливості виконання кожної частини проєкту.

1. Підготовча частина проєкту

В цій частині проєкту викладач з активом групи виконує такі роботи:

А) Формує підгрупи здобувачів освіти, які виконуватимуть проєкт. У підгрупу можуть входити від 3-х до 5 чоловік. Залежно від особливостей групи викладач може сформувати підгрупи самостійно, або з урахуванням побажань здобувач освіти. Керівниками підгруп є найбільш активні і ініціативні здобувачі освіти.

У нашому дослідженні група з 12 магістрів була поділена на 3 підгрупи по 4 особи у кожній.

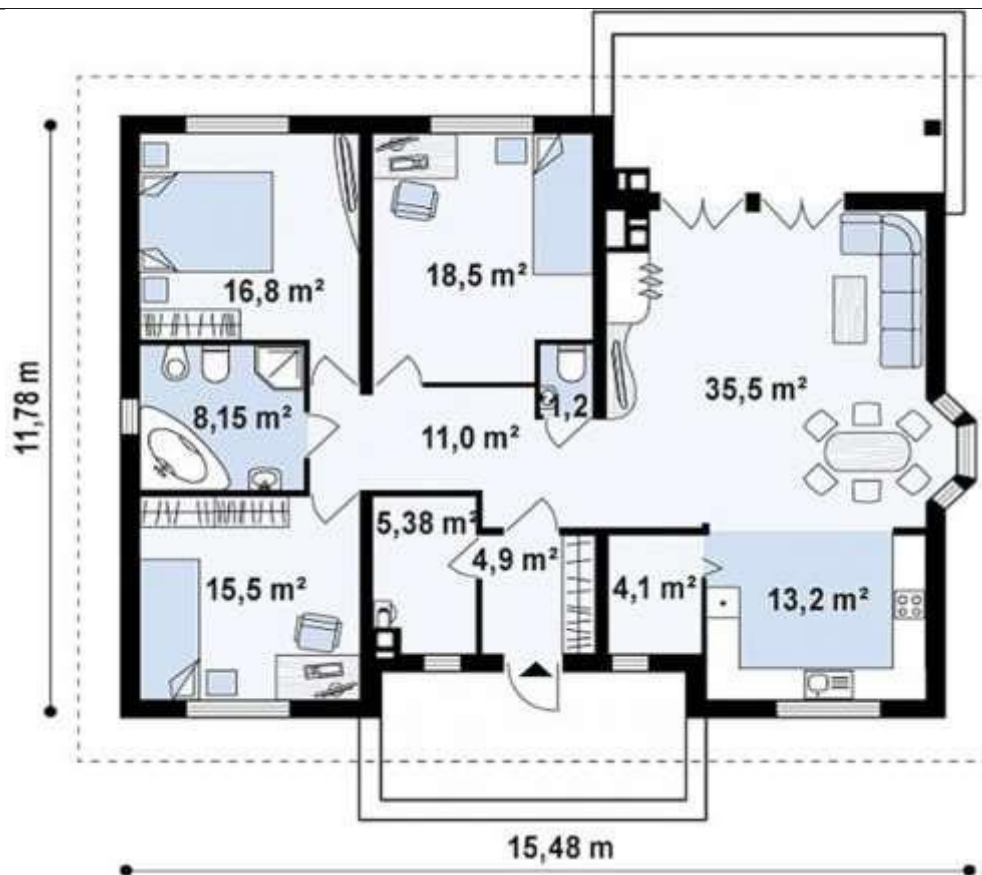
Б) Вибирає об'єкт дослідження.

Об'єктом дослідження обрано індивідуальний одноповерховий житловий будинок прямокутної форми в плані. Фасад, план та конструктивне рішення будинку за варіантами завдань наведено у табл.3.1

табл.3.1

Варіант № 1





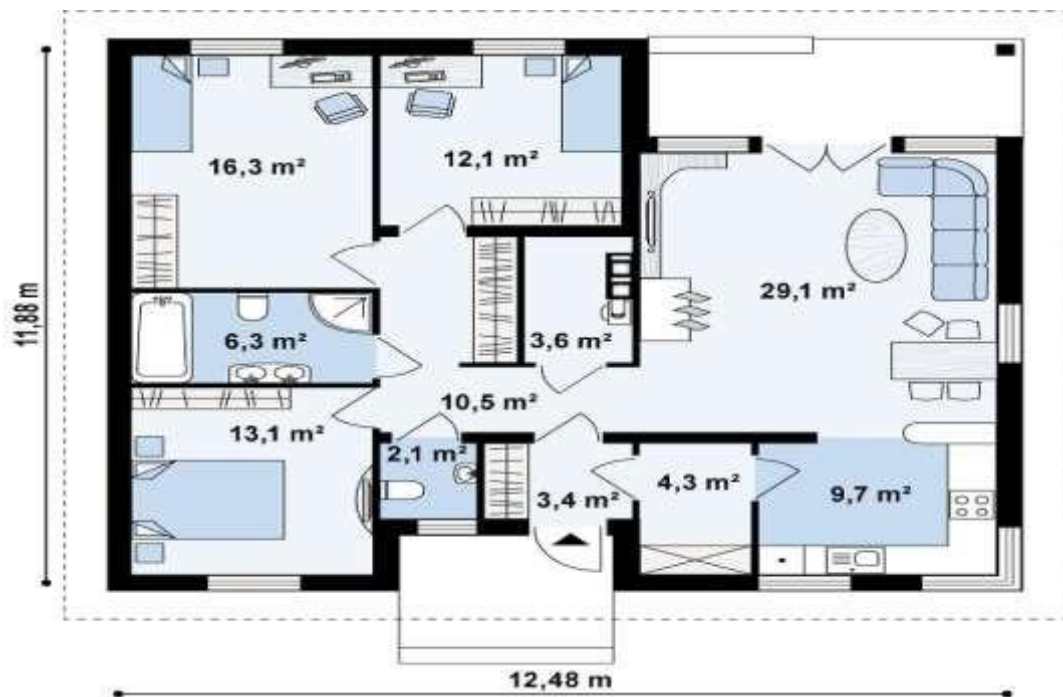
Район будівництва – м.Суми

Конструктивна схема будинку – поперечні цегляні несучі стіни із монолітним перекриттям та стрічковими залізобетонними фундаменти. Зовнішні стіни будинку завтовшки 380 мм виконані з пустотілої керамічної цегли і утеплені пінополістиролом затовшки 100 мм, ззовні закриті штукатуркою.

Висота поверху – 2,8 м.

Дах шатровий, двосхилий, конструкції дерев'яні, покрівля з керамочерепиці. Вікна з однокамерних склопакетів з варіантом скління 4-16-4 і заповнені повітрям. У будинку передбачене твердопаливне опалення. Система вентиляції – механічна

Варіант № 2



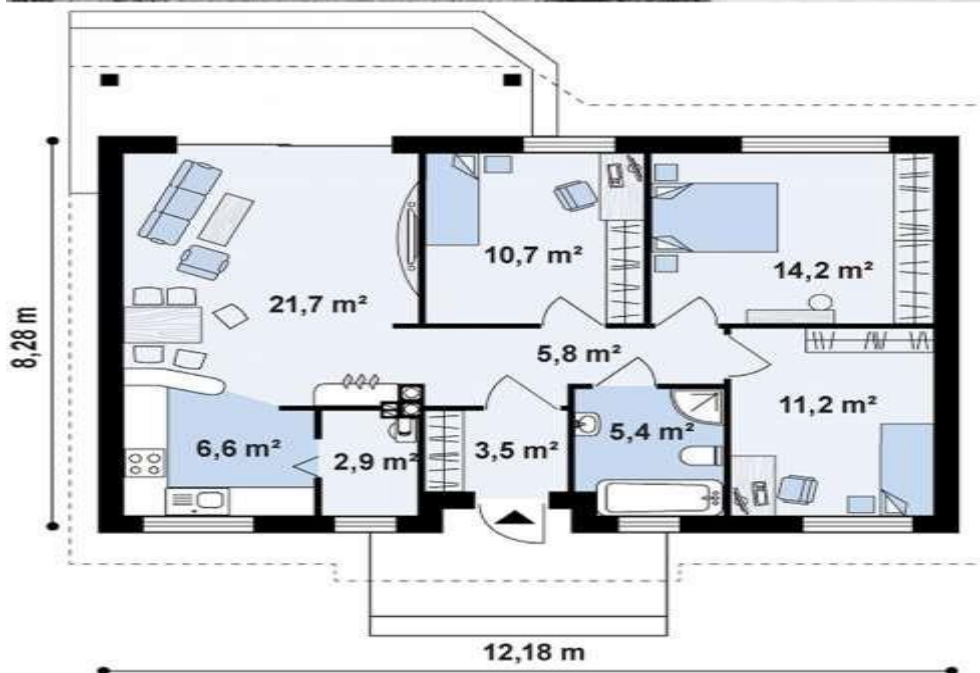
Район будівництва – м. Київ

Зовнішні стіни будинку завтовшки 400 мм виконані з газобетонних блоків. Висота поверху – 3,0 м.

Фундаменти – монолітна залізобетонна плита. Дах шатровий, конструкції дерев'яні, покрівля з металочерепиці. Вікна з двокамерних склопакетів з варіантом скління 4-16-4 і заповнені повітрям. У будинку

передбачено газове опалення. Система вентиляції - механічна

Варіант № 3



Район будівництва – м. Одеса

Конструктивна схема будинку – поздовжні цегляні несучі стіни. Зовнішні стіни будинку завтовшки 350 мм виконані з пінобетонних блоків. Висота поверху – 2,5 м. Фундаменти – стовпчасті залізобетоні. Дах двосхилий, конструкції дерев'яні, покрівля з цементно - піщаної черепиці. Вікна з двокамерних склопакетів з варіантом скління 4-16-4 і заповнені повітрям. У будинку передбачено електричне опалення.

Система вентиляції – механічна.

Мета роботи – оцінити енергоспоживання житлового будинку та розробити заходи для підвищення енергетичних показників, що відповідають вимогам пасивних будинків.

Методика дослідження. Для визначення енергетичних показників будинку використано методологію складання енергетичного паспорту згідно з ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007 –Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорту будинків при новому будівництві та реконструкції. Порядок розрахунків основних теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій для підтвердження їх відповідності для енергоощадних будинків здійснювався за ДБН В.2.6-31 –Теплова ізоляція будівель. Проектування теплоізоляційної оболонки зовнішніх стін проводили згідно з ДБН В.2.6-33:2008 та ДСТУ Б В.2.6-33:2008.

Геометричні показники. Площі зовнішніх огорожувальних конструкцій, опалювальна площа, площа житлових приміщень та кухонь, опалювальний об'єм, а також форма, тип та орієнтація будівлі, необхідні для розрахунку, визначаються на основі проектних даних згідно з ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007.

Основні об'ємно-планувальні показники будинку, які визначаються проектними групами:

- опалювальна площа будівлі – F_h (m^2);
- житлова площа – $F_{ж}$ (m^2);
- опалювальний об'єм будинку – V_h (m^3);
- загальна площа зовнішніх огорожувальних конструкцій – F_{Σ} (m^2);
- загальна площа зовнішніх непрозорих стінових огорожувальних конструкцій – $F_{нп}$ (m^2);

- загальна площа зовнішніх світлопрозорих огорожувальних конструкцій – $F_{сп.в}$ м²;
- загальна площа входних дверей – $F_{д}$ м²;
- загальна площа шатрового двосхилого даху – $F_{дах}$ м²;
- загальна площа підлоги по ґрунту – $F_{ц} = 77$ м².

Розрахункові параметри клімату місця будівництва.

Основні розрахункові параметри клімату розташування будинку, які визначаються проектними групами:

розрахункова температура внутрішнього повітря $t_{в}$ °С,

розрахункова температура зовнішнього повітря для $t_{з}$ °С.

кількість градусо-днів опалювального періоду для відповідної температурної зони.



тривалість опалювального періоду *місяця будівництва* $Z_{оп}$ (днів),

середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період $t_{оп}$ з 0 °С.

Викладач формулює теми проєктів, критерії оцінки проєкту, форму подання матеріалів проєкту.

Для розгляду проєктів створює компетентну комісію. До неї можуть входити провідні викладачі кафедри навчального закладу та фахівці-будівельники (майстри, виконроби, проєктувальники та ін.).

2. Постановочна частина проєкту .

На першому занятті викладач:

- 1) пояснює групі суть завдання;
- 2) видає технічне завдання на проєкт, оголошує критерії оцінювання проєкту;
- 3) розподіляє групу на підгрупи.

Викладач призначає керівників підгруп, або надає можливість членам підгруп вибрати своїх керівників і розподілити посади в групі.

Посади можна вибрати виходячи з виду робіт, які виконуватимуть члени підгрупи. Такими посадами можуть бути: конструктор, інженер, експерт тощо.

3. Виконання проєкту.

Підгрупа складає «Програму виконання проєкту», яка розробляється всіма членами підгрупи і затверджується викладачем. Ступінь деталізації робіт з виконання проєкту визначається підгрупою і узгоджується з викладачем. Розробка проєкту підгрупою виконується в позааудиторний час. Викладач може призначити години консультацій.

Попереднє завдання яке видається підгрупам – виконати оцінку опору теплопередачі зовнішніх стін та вікон житлового будинку та визначити клас його енергетичної ефективності.

Результати аналізу об'єкта дослідження та висновки наводяться як приклад, у табл..3.1.

Табл.3.1.

№ п.п.	Результати розрахунків та висновки
--------	------------------------------------

1	<p>Основні втрати тепла у зимовий період в індивідуальному будинку відбуваються через стіни з огляду на їх низький опір теплопередачі та значну площу теплообміну та вікна у зв'язку зі значною теплопередачею, зумовлену низьким опором теплопередачі світлопрозорих конструкцій, та інфільтрацією зовнішнього повітря через нещільності</p> <p>Основними теплотехнічними показниками огороджувальних конструкцій, від яких залежить величина втрат теплоти в зимовий період, є термічний опір, наведений опір теплопередачі, коефіцієнт теплопередачі.</p> <p>Результати розрахунків: Приведені опори теплопередачі зовнішніх стін $R_{\Sigma пр} = 0,81 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$ та вікон $R_{\Sigma пр} = 0,35 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$ є меншими, ніж мінімально допустимі значення опорів теплопередачі для I температурної зони,</p> <p>Висновок: Необхідно провести виконання наступні термомодернізаційні заходи: влаштування максимальної товщини теплоізоляційного шару зовнішніх непрозорих огороджувальних конструкції та заміна вікон на енергоефективніші.</p>
2	<p>З метою зниження тепловтрат через зовнішні стіни конструкції використати систему фасадної теплоізоляції з опорядженням штукатурками.</p> <p>Результати розрахунків: Мінімальна товщина теплоізоляційного шару [пінополістирол з $\lambda=0,038 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$] для забезпечення нормативного значення опору теплопередачі для I температурної зони 0,15 м.</p>
3	<p>Основним енергетичним показником будинку, що визначає його енергоефективність, є значення питомих тепловитрат на опалення будинку – $q_{буд}$. Залежно від $q_{буд}$ і нормативних</p>

	<p>максимальних тепловитрат житлових будинків E_{max} визначають клас енергетичної ефективності.</p> <p>Результати розрахунків: Питомі тепловитрати на опалення $q_{буд} = 175 \text{ кВт}\cdot\text{год}/(\text{м}^2\cdot\text{рік})$, у такому разі $[(q_{буд} - E_{max})/E_{max}] \cdot 100\% = 50\%$, що характеризує клас енергетичної ефективності будинку –EII.</p> <p>Висновок: для будинку необхідно розробити заходи щодо підвищення його енергоефективності з доведенням до стандарту пасивного будинку (<i>passive house</i>).</p>
--	---

На другому етапі виконання проєкту підгрупам видається завдання: *Розробити заходи з підвищення енергоефективності житлового будинку до стандарту passive house*

Пропозиції з підвищення енергоефективності об'єкта дослідження повинні бути обґрунтованими і підтверджені необхідними розрахунками.

4. Оформлення матеріалів проєкту:

- вступ;
- аналіз об'єкта дослідження;
- розробка пропозицій з підвищення енергоефективності об'єкта дослідження;
- висновки і рекомендації.

У вступі визначаються актуальність, мета, завдання дослідження і результати виконаної роботи.

5. Захист проєкту. На захист виносяться результати розрахунків, конструктивно-технологічні рішення з теплоізоляції стін, заходи з підвищення електро- і теплоенергоефективності, обґрунтування розроблених пропозицій. Так, наприклад, були розроблені наступні заходи: Для прикладу, наведемо запропоновані заходи і

результати розрахунків для підвищення енергоефективності будинку (табл.3.2)

Табл.3.2

Запропоновані заходи	Результати розрахунків
Термомодернізації зовнішніх стін $R_{\Sigma пр} = 5,26 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ (товщина утеплювача 15 см) і вікон $U_{вік} = 0,92 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	Енергетичні показники, що відповідають енергоощадному будинку - 42,1 кВт·год/(м ² ·рік), але не забезпечує показники стандарту пасивного будинків.
Термомодернізації зовнішніх стін та вікон – улаштування теплоізоляційного шару товщиною 20 см [пінополістирол з $\lambda = 0,038 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$] $R_{\Sigma пр} = 7,2 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ та встановлення енергозберігаючих вікон $U_{вік} = 0,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ і заміна гравітаційної системи вентиляції вентиляції на механічну з рекуперацією тепла з коефіцієнтом рекуперації $\eta = 90 \%$	Енергетичні показники, що характеризуються низькою потребою в первинній енергії для забезпечення оптимальних умов мікроклімату і відповідають стандарту пасивного будинку 14,5 кВт·год/(м ² ·рік).

6. Оцінювання проєкту. Оцінювання проєкту повинно бути всебічним. Бажано, щоб кожна підгрупа була відмічена у номінації «За оригінальну ідею», «За високий рівень розробки», «За практичну спрямованість проєкту» і т.п.

Метод проєктів має значні потенційні можливості у формуванні в здобувач освіти практичних умінь і навичок виконання практичних розрахунків з енергоефективного проєктування.

Ефективність методу проєктів на практичних заняттях з дисципліни «Енергозберезувальні технології у будівництві» потребує створення системи комплексно-методичного забезпечення, в якому мають бути засоби навчання для викладача і здобувачів освіти. Основним матеріалом для викладача є методичні розробки практичних занять, на яких передбачається використання можливості комп'ютерних програм розрахунку, зокрема пакету програмного комплексу РНРР.

ВИСНОВКИ

1. Вичерпання запасів традиційних джерел енергії, її гостра нестача для багатьох країн, швидкий ріст цін на газ, нафту на початку ХХІ століття і на майбутнє перетворили проблему раціонального використання джерел енергії в одну із глобальних світових проблем. На різні потреби будинків і споруд витрачається величезна кількість світового споживання енергії – до 40%. Отже дослідження, розвиток та реалізація сучасних енергоефективних технологій у сфері будівництва є одним зі стратегічних пріоритетів у підвищення конкурентоспроможності економіки, забезпечення енергонезалежності та безпеки держави.

2. Одним із напрямів підвищення енергоефективності у будівельному секторі є проектування будівель згідно з принципами проектування пасивних будинків, розглянутими в даній роботі. Стандарт «Passivhaus» є одним з провідних світових стандартів для енергоефективного будівництва. Фундаментальну теорію «пасивного будинку» розробив німецький професор Інституту житлового будівництва і навколишнього середовища, професор доктор-теплофізик В. Файст .

3. Основною особливістю «пасивного будинку» є відсутність опалення або мале енергоспоживання - у середньому близько 10 % від питомої енергії на одиниці об'єму, яку споживає більшістю сучасних будинків. "Пасивний будинок" –це будинок, який характеризується

відсутністю необхідності в опаленні або низьким енергоспоживанням, тобто тепло генерується "пасивно", шляхом використання лише наявних внутрішніх джерел тепла, сонячної енергії, і шляхом підігріву свіжого повітря.

Основними принципами проектування «пасивного будинку» є:

- компактність будинку і високий рівень теплозахисту;
- відсутність системи опалення або дуже малі енерговитрати на опалення;
- пасивне використання енергії сонячної радіації за рахунок раціональної орієнтації і скління будинку;
- використання поновлювальних джерел енергії і екологічно чистих матеріалів;
- високий рівень теплоізоляції та герметичність огорожувальних конструкцій;
- припливно-витяжна система вентиляції з рекуперацією тепла;
- зниження енергопотреби за рахунок використання приладів з низькими енергозатратами.

4. Критеріями для Пасивного Будинку є:

- споживання менше 15 кВт / (м²/рік) енергії для опалення або охолодження житлової площі;
- навантаження на опалення / охолодження обмежене до 10 Вт/(м²);
- використання первинної енергії для всіх побутових потреб (опалення, охолодження, гаряча вода й електрична енергія не повинне перевищувати 120 кВт/(м²);
- пасивні Будинки повинні бути герметичними з обмеженими нормами повітрообміну;
- частота перегрівання не перевищує 10%

5. В Україні вже існують житлові будинки побудовані за європейським стандартом «Passivhaus» і станом на квітень 2020 року вже функціонує декілька десятків будинків такого типу. Але процес розвитку пасивного будівництва поки що відбувається повільними темпами. Серед основних перешкод на цьому шляху є значні первісні витрати, низький рівень обізнаності спеціалістів будівельної галузі. Вартість «пасивних» будинків, на даний час складає приблизно на 8-10% більше середніх показників для звичайного будинку у європейських країнах і на 10-35% в Україні.

6. Для розрахунку енергоспоживання будинку використовується програмний продукт PHPP (Passive House Planning Package) розроблений інститутом пасивного будинку в Німеччині. Сучасний пакет PHPP це багатофункціональний програмний комплекс який постійно оновлюється і вдосконалюється.

Основні перевагами пакету PHPP: розрахунок енергетичного балансу в форматі Excel; легке та введення даних і гнучке їх коректування; висока точність результатів розрахунків; перевірка відповідності проекту стандарту пасивного будинку та його модернізації; імпорт/експорт даних в інші програми та ін..

7. Порівняння двох методик проектування, на прикладі проекту енергоефективного житлового будинку наочно показує їх суттєву різницю у результатах визначення основних енергетичних показників.

Значення теплових надходжень через вікна від сонячної радіації за ДСТУ у 1,4 рази перевищують розраховані в PHPP. Методика PHPP детально враховує всі джерела теплових надходжень, наприклад процент скління у кожному вікні будинку, затенення від сусідніх будинків і т.п.; від віконних укосів, плити балкону, звісу покрівлі тощо.

Значення теплових надходжень від внутрішніх джерел за ДСТУ значно перевищують розраховані в PHPP – більше ніж у 4 рази. Це

обумовлено перш за все тим, що за останні десятиліття значно зменшились потужності побутових приладів (холодильників, пральних машин, телевізорів, комп'ютерів та ін.). У даний час стрімкими темпами відбувається заміна ламп накаливання на світлові діодні. Змінилась і структура раціону харчування людей, у якій значно зросла частка полуфабрикатів і готових продуктів. Всі вищевказані перевищення є складовими теплового балансу і значно впливають на потреби у тепловій енергії, що некоректно відображається на основних показниках енергоефективності будинку.

Застосування методики РНРР у проектуванні енергоефективного житлового будинку дає можливість досягти набагато більших значень показників енергоефективності, ніж передбачено діючими національними нормами проектування.

8. Метод проєктів має значні потенційні можливості у формуванні в здобувачів освіти умінь і навичок виконання практичних розрахунків з енергоефективного проектування. Ефективність методу проєктів на практичних заняттях з дисципліни «Енергозберезувальні технології у будівництві» потребує створення системи комплексно-методичного забезпечення, в якому мають бути засоби навчання для викладача і здобувачів освіти. Основним матеріалом для викладача є методичні розробки практичних занять, на яких передбачається використання можливості комп'ютерних програм розрахунку, зокрема пакету програмного комплексу РНРР.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України Про енергетичну ефективність будівель
2. ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція будівель / Мінрегіон України. – Київ : ДП «Укрархбудінформ», 2006. – 70 с.
3. ДБН В.2.2-15-2005 Житлові будинки. Основні положення.
4. ДБН В.2.6-33:2006 Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації.
5. ДБН В.1.2-11:2021 Основні вимоги до будівель і споруд. енергозбереження та енергоефективність
6. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель
7. ДБН В.1.2-14:2018 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд.
8. ДБН В.2.6-33:2018 Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування
9. ДСТУ Б В.2.7-107:2008 Будівельні матеріали. Склопакети клеєні будівельного призначення. Технічні умови
10. ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007 Проектування. Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції.

11. ДСТУ Б А.2.2-8:2010 Проектування. Розділ «Енергоефективність» у складі проектної документації об'єктів.
12. ДСТУ Б В.2.2-21:2008 Будинки і споруди. Метод визначення питомих тепловитрат на опалення будинків.
13. ДСТУ Б В.2.6-17-2000 (ГОСТ 26602.1-99) Конструкції будинків і споруд. Блоки віконні та дверні. Методи визначення опору теплопередачі.
14. ДСТУ Б В.2.6-101:2010 Конструкції будинків і споруд. Метод визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій.
15. ДСТУ Б EN 15232:2011 Енергоефективність будівель. Вплив автоматизації, моніторингу та управління будівлями.
16. ДСТУ Б EN 15316-1:2011 Система теплозабезпечення будівель. Методика розрахунку енергопотреби та енергоефективності системи. Частина 1. За
17. ДСТУ Б EN 15316-2-3:2011 Система теплозабезпечення будівель. Методика розрахунку енерго-потреби та енергоефективності системи. Частина 2-1. Теплорозподілення в системі опалення.
18. ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 Енергоефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання на опалення та охолодження.
19. ДСТУ Б EN 15251:2011 Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики будівель.
20. ДСТУ Б EN ISO 7730:2011 Ергономіка теплового середовища. Аналітичне визначення та інтерпретація теплового комфорту на основі розрахунків показників PMV і PPD і критеріїв локального теплового комфорту.
21. ДСТУ Б EN 15603:2012 Енергоефективність будівель. Загальне енергоспоживання та визначення енергетичних показників.

22. ДСТУ Б EN 15217:2012 Енергоефективність будівель. Методики представлення енергетичних характеристик та енергетичного сертифікату.
23. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія
24. Бакалін Ю. І. Енергозбереження та енергетичний менеджмент : навч. посібник / Ю. І. Бакалін. – 3-тє вид., доп. та переробл. – Харків : Бурун і К, 2006. – 320 с.
25. Витвицкая Е.В. Современные энергосберегающие системы и конструкции зданий // «Региональные проблемы архитектуры и градостроительства: Состояние и перспективы развития» Сб. науч. тр. Вып. №7-8 Одесса: Астропринт, 2005. – 137 – 144 с.
26. Енергозбереження у житловому фонді: проблеми, практика, перспективи: Довідник. – К.: НДІ проектреконструкція, Deutsche Energie-Agentur GmbH(dena), Instituts Wohnen und Umwelt GmbH (IWU), 2006. – 144 с.
27. Еремкин А. И., Королева Т. И. Тепловой режим зданий. Учебное пособие –М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2000. – 368 с.
28. Зайцев И. В. «Пассивный» дом – мечта или повседневность // Технологии строительства, 2008. – № 4. – С. 36-39.
29. Звіт про науково-дослідну роботу «Проведення досліджень щодо оптимізації технічних рішень теплового захисту будинків та розроблення рекомендацій для проектування енергоефективних (пасивних) будинків із мінімальним використанням теплової енергії», ДП «Український центр » //Електронний ресурс. – Режим доступа: <http://govuadocs.com.ua/docs/390/index-485500.html>.
30. Карапузов С.К. Утеплення фасадів: підруч. / С.К. Карапузов, В. Г. Соха. –К.: Вища освіта, 2007. — 319 с.

31. Керш В.Я. Энергозберігаючі технології у міському будівництві і господарстві: навч. посіб. / В. Я. Керш – Одеса: Астропринт, 2007. – 124 с.
32. Малявина Е. Г. Теплопотери здания. Справочное пособие. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2007. – 219 с.
33. Маляренко В.А. Основы теплофизики зданий та енергозбереження: Підручник. – Харків: «Видавництво САГА», 2006. – 484 с.
34. Матросов Ю. А. Законодательство и стандартизация Европейского Союза по энергоэффективности зданий // Журнал АВОК. 2003 – № 8. – С. 2-5.
35. Менайлюк А.И., Соха В.Г., Бабий И.Н., Борисов А.А., Волканов В.К. Термомониторинг фасадов зданий утепленных различными теплоизоляцион-ными системами / Вісник ОДАБА: зб. наук. праць, вип №29, частина 2. Одеса, ОДАБА, 2008. С-257-263.
36. Маляренко В. А. Основы теплофизики зданий и энергосбережения :учебник / В. А. Маляренко. – Харків : ХНАГХ, 2006. – 499с.
37. Методичні рекомендації щодо практики застосування міжнародного та вітчизняного досвіду використання енергозберігаючих технологій у галузі будівництва на теренах Львівщини: «Аналіз міжнародного та вітчизняного досвіду використання енергозберігаючих технологій у галузі будівництва» /М.А.Саницький, О.Р.Позняк, І.В.Бідник та ін. – Львів, 2008 . – 134 с.
38. Мных Е. В. Анализ эффективности использования топливно-энергетических ресурсов / Мных Е. В. – Львов : Свит, 1991. – 170 с.
39. Напрямки енергозбереження в житлових будинках та удосконалення сучасних систем теплозахисту будівель. Режим доступа: http://www.er.nau.edu.ua/bitstream/NAU/11559/1/Lapenko_Skrebneva_2013/
40. Пасивні будинки та їх принципи проектування [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://avenston.com/articles/passive-houses/>.

41. "Пасивний будинок": архітектурний аспект [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.osobnyak.com.ua/spip.php?article302>
42. Рівень теплоізоляції Пасивних Будинків [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://passivehouse-igua.com/passive-house/the-level-of-insulation-passivehouses/>.
43. Саницький М. А. Енергозберігаючі технології в будівництві: навч. посібник / М. А. Саницький, О. Р. Позняк, У. Д. Марущак. — Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. — 236 с.
44. Файст В. Основные положения по проектированию пассивных домов. М.: АСВ. 2011. 144 с.
45. Фаренюк Г.Г., Федевич О.М. Науково-методичні напрями вирішення проблеми енергоефективності будівель. Будівельні конструкції: зб. наук. праць. Вип. 77. К.: ДП НДІБК. 2013. С. 10 – 14.
46. Табунщиков Ю. А., Бродач М. М. Научные основы проектирования энергоэффективных зданий. // АВОК. – 1998. – № 1. – С. 5–10.
47. Хоменко В.П., Фаренюк Г.Г. Справочник по теплозащите зданий. К.: Будівельник, 1986. – 216 с.
48. The Passive House Institute [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://passivehouse.com/>.