

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

Кораблебудівний навчально-науковий інститут
Кафедра екології та природоохоронних технологій

«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри

_____ Трохименко Г.Г

«_____» _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

на тему **«ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПЕРЕВАГ БУДИНКУ З
НУЛЬОВИМ СПОЖИВАННЯМ ЕНЕРГІЇ»**

Виконав: студент 2277ст групи

_____ Червонящій І.Ю.
(підпис)

Керівник: к.т.н., професор НУК

_____ (посада, науковий ступінь, вчене звання)

_____ ***Літвак С.М.***
(підпис)

Миколаїв – 2024

Анотація
до кваліфікаційної роботи «Обґрунтування екологічних переваг будинку з
нульовим споживанням енергії»
студента Червонящого Ігоря Юрійовича

Метою кваліфікаційної роботи є визначення основних складових забезпечення енергозбереження при будівництві будинку з нульовим споживанням енергії і обґрунтування його екологічних переваг в контексті скорочення викидів парникових газів, раціонального природокористування та забезпечення комфортного мікроклімату у приміщеннях.

Перший розділ роботи присвячений вивченню теоретичних основ ресурсозбереження та енергоефективності в умовах сучасного будівництва. Проведено аналіз нормативно-правової бази впровадження енергоефективних технологій в Україні та визначено складові забезпечення екологічної безпеки в сучасному будівництві.

У другому розділі наведено концепції енергоефективних та екологічно чистих будівель, розглянуто поняття будинку з нульовим споживанням енергії та визначено основні прийоми його проектування і будівництва з урахуванням екологічних, кліматичних та енергоефективних вимог.

Третій розділ присвячено розробці енергозберігаючих технологій та заходів для будинку нульового енергоспоживання. Розглянуто архітектурно-планувальні рішення з урахуванням кліматичних умов місця розташування будинку. Виконано підбір екологічно безпечних матеріалів для огорожувальних конструкцій будинку. Проведено обґрунтований вибір санітарно-технічних систем будинку для припливно-витяжної вентиляції з рекуперацією тепла, опалення, гарячого водопостачання та охолодження.

У четвертому розділі виконано розрахунок щорічного обсягу споживання електроенергії в досліджуваному будинку та обґрунтовано вибір відновлюваного джерела енергії для його електропостачання. Проведено вибір обладнання сонячної електростанції для будинку. Обґрунтовано екологічні переваги будинку з нульовим споживанням енергії.

У п'ятому розділі представлені основні положення охорони праці та організаційно-технічні заходи, що забезпечують безпеку праці при проведенні будівельних робіт.

Кваліфікаційна робота складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел, 9 додатків. Основний зміст викладено на 76 сторінках комп'ютерного тексту, у тому числі 32 рисунки, 8 таблиць, список використаних джерел із 59 найменувань.

Ключові слова: енергоефективність, будинок з нульовим споживанням енергії, теплоізоляція, тепловий насос, припливно-витяжна вентиляція з рекуперацією тепла, відновлювані джерела енергії, сонячна електростанція, екологічна безпека.

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

Summary
to the qualification work «Justifying the environmental benefits of a zero-energy building»
Chervoniashchii Ihor

The purpose of the qualification work is to determine the main components of energy saving in the construction of a zero-energy building and to justify its ecological advantages in the context of reducing greenhouse gas emissions, rational use of nature and ensuring a comfortable indoor microclimate.

The first section of the work is devoted to the study of the theoretical foundations of resource conservation and energy efficiency in the conditions of modern construction. An analysis of the legal framework for the introduction of energy-efficient technologies in Ukraine was carried out, and the components of ensuring environmental safety in modern construction were determined.

In the second chapter, the concepts of energy-efficient and ecologically clean buildings are given, the concept of a house with zero energy consumption is considered, and the main methods of its design and construction are defined, taking into account ecological, climatic and energy-efficient requirements.

The third section is devoted to the development of energy-saving technologies and measures for a zero-energy house. Architectural and planning solutions are considered, taking into account the climatic conditions of the location of the house. The selection of ecologically safe materials for the enclosing structures of the house was carried out. A reasoned selection of the building's sanitary and technical systems for supply and exhaust ventilation with heat recovery, heating, hot water supply and cooling was made.

The fourth chapter calculates the annual amount of electricity consumption in the house under study and substantiates the choice of a renewable energy source for its electricity supply. The selection of solar power plant equipment for the house has been made. The ecological advantages of a zero-energy house are substantiated

The fifth chapter presents the main provisions of labor protection and organizational and technical measures that ensure labor safety during construction works.

The qualification work consists of an introduction, five chapters, conclusions, a list of used sources, 9 appendices. The main content is laid out on 76 pages of computer text, including 32 figures, 8 tables, a list of used sources with 59 titles.

Key words: energy efficiency, zero energy building, thermal insulation, heat pump, supply and exhaust ventilation with heat recovery, renewable energy sources, solar power plant, ecological safety.

					101.2277СТ.07.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 ПРОБЛЕМИ РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В СУЧАСНОМУ БУДІВНИЦТВІ	8
1.1 Проблеми ресурсо- та енергозбереження у системах життєзабезпечення будівель та споруд	8
1.2 Нормативно-законодавча база у сфері впровадження енергоефективних технологій в Україні.....	11
1.3 Забезпечення екологічної безпеки в сучасному будівництві.....	13
РОЗДІЛ 2 ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ БУДІВЛІ ТА СУЧАСНІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТІ ТЕХНОЛОГІЇ	16
2.1 Концепції енергоефективних та екологічно чистих будівель	16
2.2 Поняття будинку з нульовим споживанням енергії	20
2.3 Огляд існуючих проектів будинків з нульовим енергоспоживанням в країнах світу	24
2.4 Основні прийоми проектування і будівництва будинку нульового енергоспоживання	31
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ БУДИНКУ З НУЛЬОВИМ СПОЖИВАННЯМ ЕНЕРГІЇ	45
3.1 Архітектурно-планувальні рішення та врахування кліматичних показників.....	45
3.2 Технології і матеріали для огорожувальних конструкцій та теплоізоляції будинку з нульовим споживання енергії	48
3.3 Конструктивні особливості вікон і входних дверей	51
3.4 Санітарно-технічне та інженерне обладнання для забезпечення комфортних умов проживання у будинку	53
РОЗДІЛ 4 ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ БУДИНКУ З НУЛЬОВИМ СПОЖИВАННЯМ ЕНЕРГІЇ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЙОГО ЕКОЛОГІЧНИХ ПЕРЕВАГ	60
4.1 Визначення джерела енергопостачання	60
4.2 Розрахунок щорічного обсягу споживання електроенергії	62

4.3 Вибір та загальна характеристика обладнання сонячної електростанції для будинку з нульовим споживанням енергії.....	65
4.4 Обґрунтування екологічних переваг будинку з нульовим споживання енергії	66
РОДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ	69
5.1 Загальні положення охорони праці	69
5.2 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів.....	70
5.3 Організаційно-технічні заходи, що забезпечують безпеку праці	71
ВИСНОВКИ	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	77
ДОДАТКИ	82

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

ВСТУП

В останні роки проблема енергозбереження і, нерозривно пов'язана з нею, – проблема захисту навколишнього середовища, стали практично глобальними, а необхідність у їх вирішенні – такою гострою та багаторазово обговорюваною у науковій літературі, що немає необхідності в якихось додаткових коментарях на честь актуальності обговорюваних завдань.

Як показує статистика, найповільніше ці завдання вирішуються у будівництві та житлово-комунальному господарстві. Разом з тим, будівельна галузь споживає понад 10% енергоресурсів України, будучи однією з найбільш енергоємних. При цьому житлово-комунальне господарство споживає до 40% теплової та близько 20% електричної енергії.

Істотним зрушенням у концептуальній оцінці значимості проблеми стало і те, що енергоефективність будівель розглядається у аспекті економії електро- і теплової енергії, зниження експлуатаційних витрат, а й щодо поліпшення здоров'я людини, його комфорту, благополуччя і продуктивності праці. Підтвердження цьому – ціла низка законодавчих актів, ухвалених в Україні.

Очевидно, що одним із вирішальних факторів зниження інтенсивності енергоспоживання є енергозбереження у будівництві. І в цій частині – будівництво будівель із так званим нульовим енергоспоживанням, у яких функціонують блоки, що автономно використовують відновлювані джерела енергії.

Використання відновлюваних джерел енергії і розробка сучасного інженерного технологічного обладнання у сфері отримання електроенергії та переробки її в тепло, в комплексі з заходами з енергозбереження та ефективності, дає можливість індивідуальному житловому будинку існувати незалежно від централізованих комунальних мереж, що є вельми актуальним в умовах сьогодення.

Метою кваліфікаційної роботи є визначення основних складових забезпечення енергозбереження при будівництві будинку з нульовим споживанням енергії і обґрунтування його екологічних переваг в контексті

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

скорочення викидів парникових газів, раціонального природокористування та забезпечення комфортного мікроклімату у приміщеннях.

Об'єкт дослідження – екологічно безпечні технології будівництва будинку з нульовим споживанням енергії.

Предмет дослідження – ефективність використання відновлюваних джерел енергії та енергоефективних технологій для будівництва будинку з нульовим споживанням енергії в кліматичних умовах Миколаївської області.

Завдання, що вирішувалися при проведенні дослідження:

- вивчити теоретичні основи ресурсозбереження, енергоефективності та основні складові забезпечення екологічної безпеки в сучасному будівництві;
- розглянути концепції енергоефективних та екологічно чистих будівель;
- визначити поняття будинку з нульовим енергоспоживанням та вивчити основні прийоми проектування і будівництва таких будинків;
- провести обґрунтований вибір енергозберігаючих технологій системи опалення, охолодження, вентиляції та екологічно чистих матеріалів для огорожувальних конструкцій та теплоізоляції будинку, який реконструюється;
- розрахувати щорічний обсяг споживання електроенергії в досліджуваному будинку та обґрунтувати вибір відновлюваного джерела енергії для його електропостачання ;
- провести вибір та надати загальні характеристики обладнання сонячної електростанції для будинку з нульовим споживанням енергії;
- обґрунтувати екологічні переваги будинку з нульовим енергоспоживанням;
- розробити заходи з охорони праці та техніки безпеки при проведенні будівельних робіт.

					101.2277ст.07.КР	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

ПРОБЛЕМИ РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В СУЧАСНОМУ БУДІВНИЦТВІ

1.1 Проблеми ресурсо- та енергозбереження у системах життєзабезпечення будівель та споруд

Розвиток цивілізації призвів до проблем із навколишнім середовищем, нестачі енергетичних ресурсів. Світова спільнота постала перед необхідністю вжиття серйозних заходів щодо скорочення споживаної енергії і в промисловості, і в житловій сфері. Вирішення питання заощадження енергетичних ресурсів є актуальним для всіх галузей економіки, зокрема й будівництва.

Сьогодні найперспективнішими визнаються два напрями підвищення енергетичної ефективності об'єктів:

- економія енергетичних ресурсів шляхом мінімізації енергоспоживання та втрат енергії, у тому числі утилізацією енергетично цінних відходів;
- застосування при експлуатації житлових будинків відновлюваних джерел енергії.

Особливого значення надається ролі ресурсозбереження та енергоефективності в комунальній галузі, яка є однією з головних споживачів теплової енергії (30 % від усього обсягу енергоносіїв). Але через недосконалість обладнання та технологій, що використовуються, виникають дуже великі втрати, які можуть досягати 50-80 %, внаслідок чого збільшується вартість теплових комунальних енергоносіїв і як наслідок – зростання тарифів. Зменшення кількості тепла, що втрачається, можливо, при застосуванні більш досконалих організаційних заходів та та впровадження ресурсозберігаючих технологій.

Витрата енергії (тепла, електрики) у будинках залежить від багатьох факторів: кліматичних; технічних; споживчих звичок (рис.1.1).

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8



Рис. 1.1. Фактори, що впливають на обсяги витрат теплової та електричної енергії в будинках

Для вирішення цих проблем у процесі проектування та зведення споруд громадського та житлового призначення слід повною мірою враховувати такі чинники, які спричиняють неефективне використання тепла і енергії у приміщеннях будинків: втрати енергії у процесі опалення приміщень; тепловтрати через покрівлю споруд; неконтрольований теплообмін поверхні будівлі з навколишнім середовищем у холодну пору року; малоефективне кондиціювання (рис. 1.2)



Рис. 1.2. Втрати тепла у житловому будинку

Утеплення житлових приміщень – необхідний процес. Застосування досить простих процедур дозволяє знизити втрати теплової енергії в холодну пору року. Нижче наведені основні способи утеплення житла.

Скорочення тепловтрат:

- закладення щілин у дверних отворах та віконних рамах. Для цього можна застосовувати монтажну піну, спеціальні герметизуючі стрічки, силіконові герметики, інші матеріали. Завдяки цьому температуру повітря у приміщенні можна підняти на 2-3°C;

- ущільнення вікон та дверей за допомогою самоклеючих прокладок. Ущільнювати притвор вікон рекомендується як по периметру, так і між рамами. Внаслідок цього температуру в приміщенні можна підвищити ще на 1-3°C;

- заміна дерев'яних рам на пластикові рами зі склопакетом. При цьому рекомендується зробити вибір на користь конструкцій з провітрювачами та стеклами, покритими тепловідбивною плівкою. Такі рами сприяють збереженню стабільної температури будь-якої пори року. Наявність провітрювача дозволить не відчиняти вікна, що призводить до виведення з приміщення значних обсягів тепла. Результатом стане підвищення температури у межах 2-5°C;

- монтаж спеціального тепловідбивного екрана або аркуша з алюмінієвої фольги за радіатор парового опалення. Ця проста дія дозволить підняти температуру у приміщенні ще на 1°C. При цьому не рекомендується закривати радіатор шторами або меблями;

- заміна старих чавунних радіаторів парового опалення на сучасні алюмінієві конструкції із значно вищою тепловіддачею;

Економія електроенергії

- заміна традиційних ламп розжарювання на енергозберігаючі світлодіодні або люмінесцентні лампи. Споживання енергії нижче в 5-10 разів;

- використання малопотужних світильників за відсутності потреби у загальному освітленні;

- вимкнення пристроїв та приладів, які тривалий час перебувають у режимі очікування. Електроприлади в режимі очікування споживають від 3 до 10 Вт. Декілька пристроїв, підключених до розеток електроживлення, протягом року додатково витрачають від 300 до 400 кВт/год;

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

- використання електроприладів класу енергоефективності не нижче індексу А. Застарілі електроприлади та техніка споживають на 50% більше енергії. Заміна старих моделей на сучасні спричинить витрати, які досить скоро окупляться за рахунок значно меншого енергоспоживання;
- встановлення холодильника далеко від радіатора опалення та газової плити, оскільки близькість до опалювальних приладів призводить до перевитрати електроенергії на 20-30%;
- щільне прилягання гумового ущільнювача дверцят холодильника до корпусу. Навіть наявність невеликої щілини призводить до значного перевитрати енергії.

1.2 Нормативно-законодавча база у сфері впровадження енергоефективних технологій в Україні

Драйвером реформ у сфері енергоефективності став Закон України «Про енергетичну ефективність», який був прийнятий у липні 2022 року. Згідно цього закону Україна переходить до сучасних європейських практик реалізації політики енергоефективності, а саме:

- впровадження енергоаудиту та систем енергетичного менеджменту;
- запровадження національної системи моніторингу енергоефективності;
- розвиток енергосервісу;
- впровадження екодизайну та енергомаркування до енергоспоживчої продукції;
- розвитком місцевого енергетичного планування;
- забезпечення сталого підвищення енергоефективності кінцевого споживання енергії з встановленням цільового показника щорічного скорочення споживання енергії;
- розробка державних цільових програм підтримки енергоефективності у різних секторах тощо.

У сфері будівництва важливим є Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» від 22.06.2017 № 2118-VII, який встановлює вимоги щодо сертифікації енергоефективності для нових, державних і комунальних будівель.

					101.2277ст.07.КР	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У грудні 2021 року схвалено «Національний план дій з енергоефективності на період до 2030 року», яким встановлюється національна ціль з енергоефективності до 2030 року, а саме: первинне та кінцеве споживання енергії в Україні у 2030 році не повинне перевищувати відповідно 91 468 тис. та 50 446 тис. тонн нафтового еквіваленту.

На сьогодні у сфері енергозбереження діють приблизно 100 нормативно-правових актів, система стандартів та значна кількість нормативно методичних документів. В Україні введений в дію цілий пакет національних стандартів та державних будівельних норм, що встановлюють методологію та порядок організації та проведення робіт по підвищенню енергоефективності будівель (рис. 1.3).

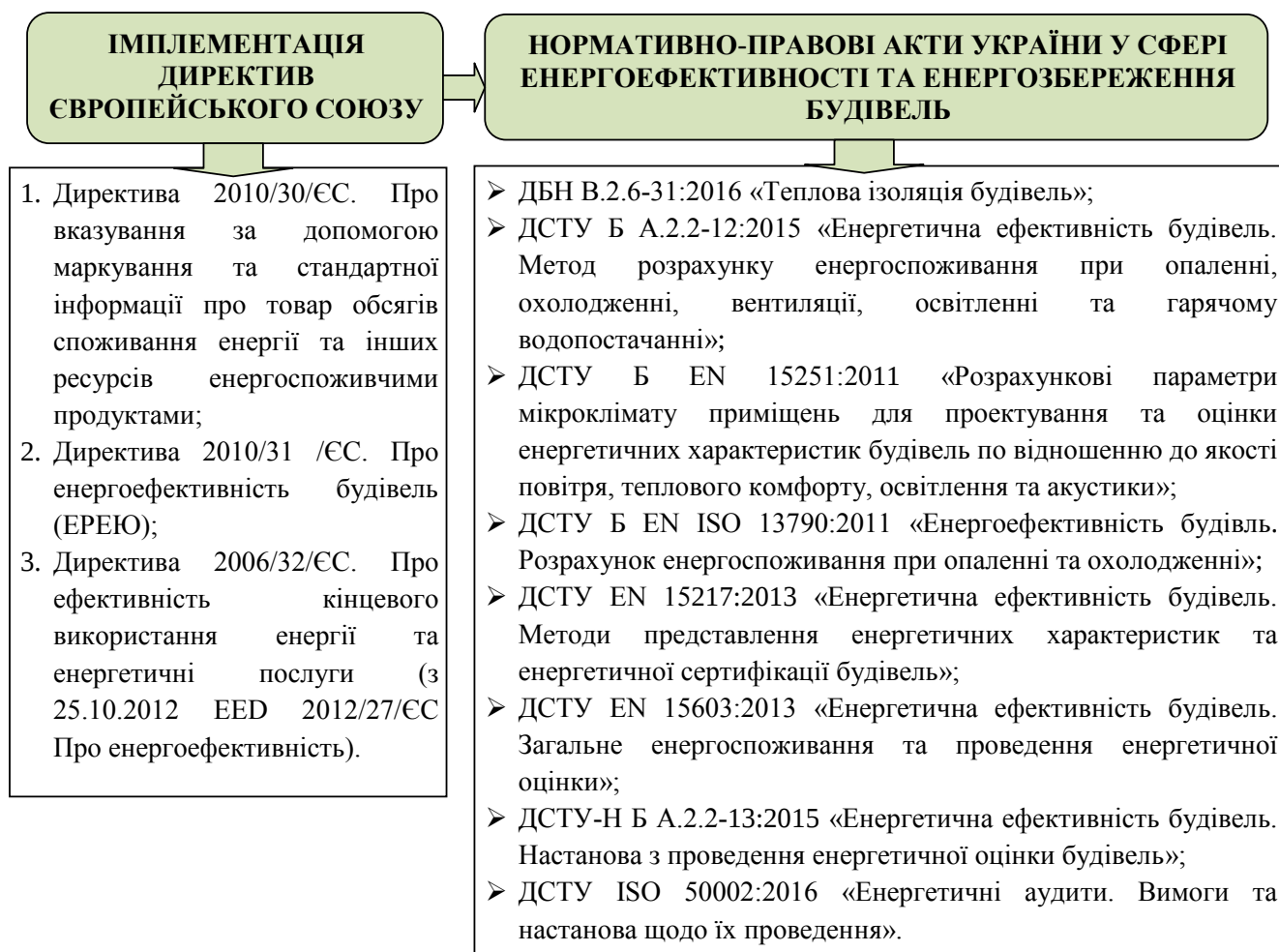


Рис. 1.3. Нормативно-законодавча база України у сфері підвищення енергозбереження та енергоефективності будівель

1.3 Забезпечення екологічної безпеки в сучасному будівництві

Згідно даних Організації економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР) та Програми Організації Об'єднаних Націй з навколишнього середовища (ЮНЕП), на будівельну галузь припадає 10% від загального використання землі, 30% від загального використання сировини, від 25 до 40% від загального споживання енергії, 20% споживання води, від 30 до 40% утворення відходів, а також від 30 до 40% глобальних викидів парникових газів.

Екологічно безпечний дизайн, проектування і будівництво ґрунтуються на розумінні характеру та поведінки екосистем, сприяючи збереженню та встановленню взаємозв'язку між природою та будівництвом. Концепція екологічно безпечного проектування і будівництва передбачає раціональне використання природних ресурсів з метою створення гармонійного довкілля, а також вибір оптимального місця проживання мешканців, за умови, що вплив на довкілля буде зведений до мінімуму. Ця концепція поширюється на весь процес планування, проектування, будівництва, експлуатації та технічного обслуговування будівлі.

Існує два способи впровадити концепцію екологічно безпечного архітектурного проектування і будівництва:

- впровадження природних технологій (захист від сонця та вітру, використання денного освітлення, відновлюваних джерел енергії, теплова ізоляція, повторне використання сировини, контроль за якістю повітря);
- прийняття стратегії на базі сучасних, екологічно безпечних технологій (вибір ділянки, будівельних матеріалів, систем опалення, охолодження, кондиціонування, переробки відходів тощо).

Завдяки інтеграції конструктивних особливостей, специфічних для конкретних ділянок та місцевого клімату, впровадженню інноваційних та екологічно чистих технологій, застосуванню міцних матеріалів з високим вмістом перероблених компонентів, екологічно безпечне будівництво здатне скоротити споживання енергетичних та водних ресурсів більш ніж на 50 %

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

порівняно із звичайними будинками і, отже, значно підвищити цінність нерухомості.

Хоча екологічно безпечні будівлі дозволяють скорочувати витрати внаслідок зменшення потреби у освітленні, вентиляції, опаленні та охолодженні, вони, як правило, вимагають дещо значніших капітальних витрат через вбудовані в ці будівлі додаткові функції та системи, такі як, наприклад, самостійне вироблення енергії, збір дощової води або переробка стічних вод. Проте додатковий обсяг початкових інвестицій гарантує багаторазове збереження ресурсів протягом усього життєвого циклу будівлі. Серед інших переваг можна назвати підвищений тепловий, візуальний та акустичний комфорт, покращення якості повітря і, що важливо, збереження здоров'я людей. Раціональне озеленення та врахування існуючих біокліматичних особливостей сприяють поліпшенню міського мікроклімату, зокрема якості повітря. З точки зору охорони навколишнього середовища екологічно безпечні будівлі мають значні потенційні переваги для їх власників, мешканців та суспільства в цілому.

Наразі визначено ключові індикатори екологічно безпечного будівництва:

- мінімальне використання викопного палива на всіх етапах будівництва та експлуатації будівлі;
- ефективне використання природного освітлення та природної вентиляції за умови збереження максимального комфорту;
- більш повне використання пасивної сонячної енергії в системах опалення/охолодження;
- виявлення місцевих відновлюваних джерел енергії, їх використання за допомогою вбудованих систем;
- використання постійної температури ґрунту з метою пом'якшення перепадів температури у літній та зимовий періоди;
- застосування екологічно безпечних, перероблених та відновлюваних матеріалів;

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

- мінімальне залучення водних ресурсів, збирання дощової води, утилізація стічних вод шляхом їх очищення, використання для різних цілей, за винятком прямого споживання людиною;
- мінімалізація стоку дощової води шляхом обмеження площі жорсткого покриття навколишньої території;
- формування навколишнього середовища, що володіє візуальною естетичною привабливістю та екологічними перевагами, такими як корисне затінення і випарне охолодження;
- виключення озоноруйнівних хімічних речовин у процесі виготовлення та експлуатації систем;
- проектування відповідно до найвищих стандартів технічних знань та естетичного досвіду.

					101.2277ст.07.КР	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ БУДІВЛІ ТА СУЧАСНІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТІ ТЕХНОЛОГІЇ

2.1 Концепції енергоефективних та екологічно чистих будівель

Ідея будівництва будинків із низьким і навіть нульовим споживанням енергії – не нова: у Європі кількість таких будинків йде вже на тисячі. Перший будинок з'явився у Швеції три десятиліття тому, потім у Німеччині.

Трохи пізніше з'явилася німецька концепція «енергопасивного будинку» та «будинку нульового енергоспоживання», розроблена німецькими вченими Бо Адамсоном та Вольфгангом Файстом. Основу концепції формують такі положення:

- сумарний коефіцієнт опору теплопередачі огорожувальних конструкцій (для умов Центральної Європи, градусо-доба опалювального сезону – 2500) не менше 10;
- використання пасивної сонячної архітектури (вікна – на південь, але із захистом від літнього перегріву);
- рекуперація теплоти при вентиляції з ККД близько 70% теплоти, що йде через систему вентиляції повітря, передається холодному повітря, що входить;
- канал у ґрунті нижче лінії промерзання, для природного підігріву вхідного повітря ґрунтом взимку та охолодження влітку.

Згідно з європейською класифікацією енергоефективних будівель [25], будівлі та споруди можна розділити на кілька типів, поданих у табл.2.1. Порівняння показників енергоспоживання для різних за класифікацією будівель наведено на рис. 2.1.

Відповідно до вимог Директиви Євросоюзу про енергоефективність, з кінця 2020 року в Європі дозволено будівництво лише тих будівель та споруд, які задовольняють вимогам енергоефективності не нижче пасивного будинку [55].

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Таблиця 2.1. Класифікація будівель та споруд за рівнем річного споживання енергії

Класифікація будівель	Пояснення	Річне споживання теплової енергії кВт·год/м ² на рік	Питома витрата тепла (Вт·год)/(м ² ·С° за добу)
Старі будівлі	Побудовані в Європі до 1970-х років, в Україні до 2007 року	300	136
Нові будівлі	Збудовані в Європі з 1970-х до 2002 року, в Україні до 2016 року	150	68
Будівлі низького енергоспоживання	З 2002 року в Європі не дозволено зведення будівель з великим енергоспоживанням	60	14–32
Пасивні будівлі	З 2020 року в Європі не можна зводити будівлі за стандартами нижче ніж пасивний будинок	15	менше 7
Будівлі нульового споживання енергії	Повна енергетична автономність. Споживають виключно тільки ту енергію, яку самі й виробляють. Використовується енергія сонця, вітру тощо.	0	0
Будівлі плюс енергія	За допомогою встановленого на будівлях інженерного обладнання - сонячних батарей, колекторів, теплових насосів, рекуператорів та інших - виробляють більше енергії, ніж самі споживають.	Виробляють більше енергії, ніж споживають	0

Сучасна концепція будівництва будинків потребує не лише застосування енергозберігаючих технологій. Вона має на меті також зведення до мінімуму забруднень навколишнього середовища різними відходами, шкідливими речовинами, енергетичними випромінюваннями та полями. В ідеальному випадку енергоефективний будинок повинен перебувати в стані термодинамічної рівноваги з навколишнім середовищем, що відповідає такому розвитку цивілізації, при якому, з одного боку, практично не використовуються невідновлювані джерела енергії та матеріали, а з іншого – не шкодить природі та здоров'ю людини.

З цієї точки зору слід звернути увагу на те, що будівництво енергопасивних будинків має (крім комплексу інших завдань) вирішити проблему, яка протягом багатьох років стосовно існуючих традиційно збудованих будівель практично не розглядалася.

Йдеться про гостру екологічну проблему якості повітря всередині приміщення. При комфортному рівні температури, відносної вологості (а часом і заданої рухливості) повітря, його якість може бути відповідальним за цілий ряд негативних наслідків для людини, обумовлених, в першу чергу, використанням ненатуральних матеріалів.

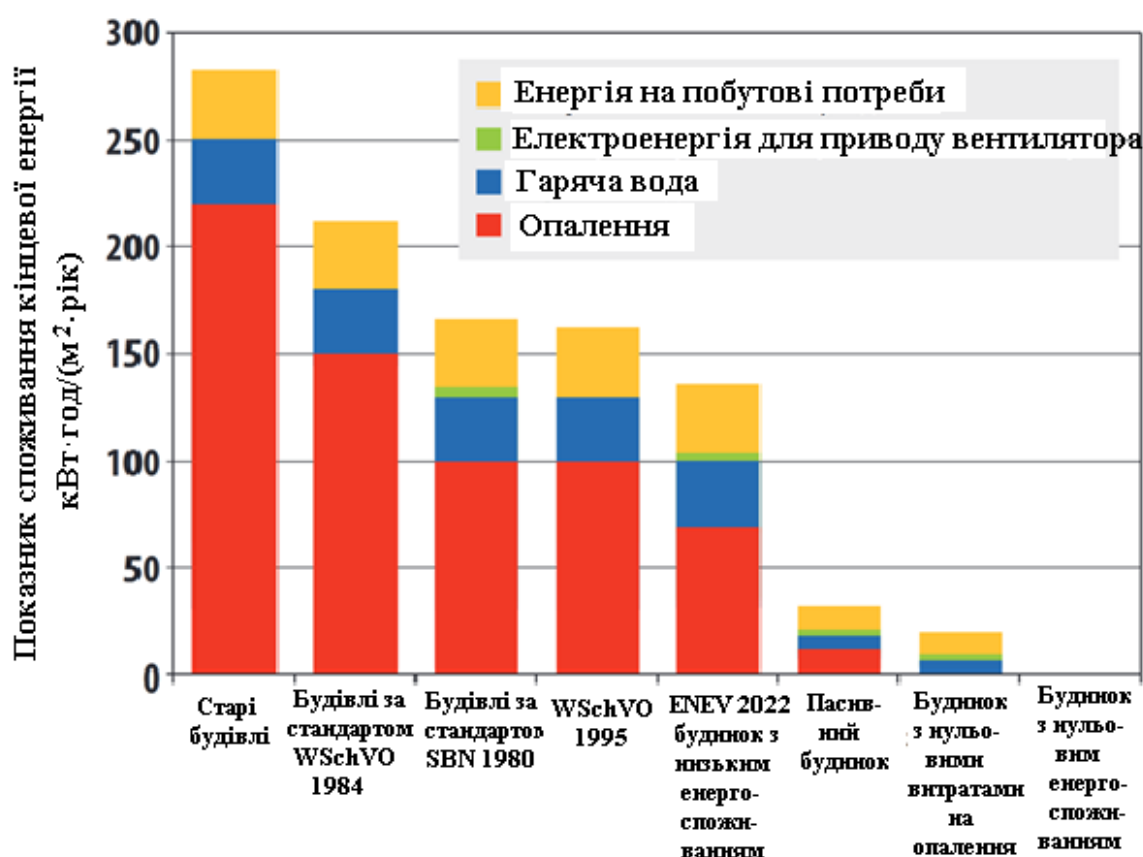


Рис. 2.1 – Порівняння показників споживання кінцевої енергії (WSchVO – Постанова з теплового захисту (ФРН); SBN 1980 – Шведські будівельні норми 1980 р.; ENEC 2022 – Постанова з енергозбереження 2022 р.)

Основні концепції енергетично ефективних та екологічно чистих будівель представлені на рис. 2.2.

Основні концепції енергетично ефективних та екологічно чистих будівель



Рис. 2.2. Класифікація енергетично ефективних та екологічно чистих будівель

2.2 Поняття будинку з нульовим споживанням енергії

«Будинок з нульовим енергоспоживанням, також будинок з нульовим балансом споживання енергії (англ. zero-energy building) – будівля, що володіє високою енергоефективністю, здатна на місці виробляти енергію з відновлюваних джерел і споживати її в рівній кількості протягом року. Будинок з нульовим споживанням енергії протягом року споживає стільки ж енергії, скільки сам і виробляє з відновлюваних джерел. При виробленні енергії меншою, ніж необхідно для споживання, будинок називається будинком з майже нульовим споживанням (англ. near zero-energy building)» [59].

В ідеалі будинок має витратити на обігрів приміщень теплову енергію, вироблену самостійно без отримання ззовні. У такому будинку власники не витратимуться на опалення, кондиціювання, вентиляцію. А сама будівля перестане викидати в атмосферу надмірну кількість вуглекислоти, руйнуючи озоновий шар планети. Із відновлюваних джерел на місці експлуатації виробляється необхідна кількість енергії (теплової, електричної), достатньої для підтримки у будинку комфортного мікроклімату.

Для будинків з нульовим балансом витрати енергії прийнято абревіатуру **ZEB – zero energy building**. У середині своєї категорії ZEB будівель існує класифікація:

- негативний енергобаланс – споживання трохи вище за вироблення енергії;
- позитивний енергобаланс – виробництво вище за споживання;
- нуль-споживання із загальної мережі – не підключені до загальних енергетичних мереж;
- нульовий викид CO₂ – вироблення енергії відбувається без викиду вуглекислого газу;
- чисте нульове мережеве енергоспоживання – кількість виробленої та спожитої енергії однакова.

Ці будинки спроектовані та збудовані таким чином, що використовують лише мінімум енергії, необхідний для успішного функціонування систем

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

обігріву/охолодження та освітлення. І цей мінімум енергоефективні будинки з нульовим балансом одержують із відновлюваних джерел енергії – сонця, вітру, землі. Такі технології дозволяють суттєво знизити шкідливий вплив на довкілля та заощадити витрати на обслуговування будинків (рис. 2.3).



Рис. 2.3. Енергоефективний будинок, що використовує відновлювані джерела енергії

Технологія Zero Energy Building стала справжнім технологічним проривом у будівництві та є сьогодні однією з найперспективніших. В основі технології ZEB лежить кілька важливих принципів.

По-перше, це проект будівлі, який розробляється так, щоб зменшити втрати тепла, максимально використовувати природну вентиляцію та освітленість.

По-друге, будівельні матеріали та обладнання, які дозволяють повністю виключити тепловтрати та неефективне використання електроенергії, сонячного світла та води.

По-третє, отримання будинком енергії із відновлюваних джерел. Будинок з нульовим споживанням енергії може бути підключений до мережі централізованого електропостачання і постачати надлишкову електроенергію в мережу або споживати її, якщо електрики, що виробляється на місці, не вистачає. Протягом року енергія, віддана будинком у мережу, врівноважує енергію, отриману з неї, забезпечуючи цим нульове річне споживання енергії.

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Хоча при проектуванні та будівництві таких будинків робиться акцент на енергоефективність та виробництво енергії за рахунок відновлюваних джерел, це не заважає застосуванню інших систем та технологічних пристроїв, які покращують якість повітря в приміщенні, знижують шкідливі впливи на навколишнє середовище, зберігають природні ресурси та роблять житло зручним. Інноваційний підхід до управління інженерними системами будинку та електроприладами допомагає кардинально зменшити енергоспоживання.

Основою такого підходу є система «розумний будинок», яка поєднує освітлення, опалення, охолодження, електропостачання та систему безпеки житла. Це дозволяє не тільки повністю контролювати витрати енергії, але й забезпечувати безпечне функціонування всього будинку. Система організує економне використання енергії відповідно до заданих параметрів, а також дозволяє в разі потреби звести енергоспоживання до мінімуму, увімкнувши режим сну. За допомогою системи «розумний будинок» можна встановлювати необхідні температуру і вологість, рівень освітленості в приміщеннях, а відсутність людей система в заданому режимі сама підтримує мікроклімат будинку.

Будинки з нульовим споживанням енергії дозволяють значно знизити поточні енергетичні витрати та забезпечити гарантований захист від зростання цін на електроенергію. Такі будинки надійніші – вони продовжують функціонувати навіть при перебоях у постачанні електроенергії, оскільки для виконання своїх основних функцій та збереження тепла їм потрібна дуже незначна кількість енергії. Інтегровані у ці будинки системи мають тривалий термін служби. Наприклад, фотоелектричні системи, що найчастіше використовуються в будинках з нульовим споживанням енергії в Північній Америці, переконливо підтвердили свою 25-річну гарантію. Встановлені в 1982 році в одному з павільйонів парку розваг Walt Disney World у Флориді, вони продовжують ефективно функціонувати досі, незважаючи на солідний вік та кілька пережитих ураганів. Використання технології ZEB знижує негативний вплив на довкілля за рахунок скорочення пов'язаних з енергетикою викидів

					101.2277ст.07.КР	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забруднюючих речовин. Будинки з нульовим споживанням енергії спочатку добре продумані, сплановані та збудовані, що забезпечує господарям комфортне проживання. Селища, що складаються з таких будинків, більш раціонально витрачають електроенергію та воду та використовують каналізацію. Це дозволяє спрямовувати кошти, що звільнилися, на продовження терміну служби існуючих систем і будівництво нової інфраструктури. Ну і нарешті, якщо власник вирішить продати такий будинок, його ринкова вартість буде вищою за вартість аналогічного будинку, який не має статусу «нульового споживання енергії».

Сонячні системи на основі фотоелектричних модулів добре зарекомендували себе в усьому світі. Вони можуть працювати автономно (з використанням акумуляторних батарей) або з'єднуватися з мережею централізованого електропостачання, що дозволяє обмінюватися між собою енергією, а при відключенні мережі використовуються резервні системи. Фотоелектричні панелі, як правило, встановлюють на даху будівлі під оптимальним кутом нахилу за допомогою конструкції, що підтримує. Сонячні батареї надійні і не завдають клопоту в обслуговуванні.

Для вироблення електроенергії можуть використовуватися вітрогенератори. Завдання сонячних колекторів та теплових насосів – забезпечити гаряче водопостачання та опалення.

На жаль, при реалізації концепції будинку з нульовим споживанням енергії можуть знадобитися суттєві початкові витрати не лише на етапі проектування та будівництва, а й при отриманні будинком відповідних сертифікатів, що підтверджують статус «нульового споживання енергії». Крім того, існує певний дефіцит кваліфікованих спеціалістів у цій галузі. Сьогодні лише дуже небагато архітекторів, дизайнерів і будівельників мають необхідні навички і досвід для створення подібних будівель. Розробка проекту повинна проводитись у безпосередній прив'язці до конкретної кліматичної зони. Іншими словами, використання сонячних панелей, наприклад, ефективно у південних районах із великою кількістю сонячних днів, а для будівель, розташованих у північних широтах, мабуть, більше підійдуть вітроустановки. Будівництво будинку з

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

нульовим споживанням енергії, без сумніву, потребує застосування сучасних будівельних матеріалів, що відповідають вимогам енергоефективності, теплозбереження та економного використання ресурсів. Додаткові витрати, необхідні для того, щоб перевести проект будинку з базових стандартів будівельних норм і правил до будинку з нульовим споживанням енергії, збільшать загальну вартість будівлі в середньому на 10%. При цьому вони значно варіюватимуться залежно від місця розташування та архітектури будинку.

2.3 Огляд існуючих проектів будинків з нульовим енергоспоживанням в країнах світу

Сьогодні у різних кліматичних районах світу реалізовано велику кількість проектів будинків із нульовим споживанням енергії, що дозволяє використовувати досвід їх проектування, будівництва та експлуатації.

У 2015 році компанія Ruukki завершила зведення будівлі дослідного центру Університету прикладних наук Фінляндії (м. Хямеєнлінне), при будівництві якої були застосовані найбільш передові технології будівництва, що дозволило досягти майже нульового рівня енергоспоживання.

Для отримання найкращих експлуатаційних характеристик будівлі в проєкті реалізовані такі рішення як каркас з легких металоконструкцій, енергозберігаючі сендвіч-панелі, сонячні панелі, сонячний колектор, геотермальна система, променисте опалення та кондиціювання, світлопрозорі полікарбонатні фасади і технологія «розумний дім» (рис. 2.4).

«Автором проєкту виступила архітектурна майстерня Ajan Arkkitehdit. Застосування високоефективних технологій енергозбереження на цьому проєкті дозволило перевершити найвищі сучасні вимоги до енергоефективності. Будівля обладнана системою датчиків, які контролюють такі параметри як ступінь освітленості приміщень, кількість електроенергії, що виробляється, рівень снігового навантаження на покрівлю та ін. Завдяки технічним рішенням Ruukki

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

вдалося досягти скорочення енерговитрат на експлуатацію об'єкта в 2,5 рази в порівнянні з середніми показниками для аналогічних будівель» [15].



Рис. 2.4. Будівля майже нульового рівня енергоспоживання дослідного центру Університету прикладних наук Фінляндії (м. Хямсенлінне)

Важливо відзначити, що будівля побудована на півночі Європи, в Скандинавії, і навіть в умовах суворого місцевого клімату авторам проєкту вдалося створити об'єкт з практично нульовим рівнем енергоспоживання.

Ймовірно, одна з причин, та й життєва необхідність змушує жителів північних країн займатися жорсткою економією енергоносіїв. Вони одні з перших почали впроваджувати технології будівництва будинків із нульовим споживанням енергії. Одним з таких прикладів є будинок площею 200 м², розташований у м. Ларвік, в Норвегії, побудований за технологією з нульовим рівнем викидів. Це стикується і з екологічним стандартом у Європі, викиди CO₂ мають бути мінімальними. Побудований будинок для однієї сім'ї, виробляє вдвічі більше енергії, ніж споживає. Такий проєкт розробила студія Snohetta для ZEB. Застосовані конструкторські, інженерні та технологічні рішення дозволили атестувати будівлю як «активну», тобто виробляє енергії більше, ніж споживає.

Задум авторів проєкту такий, що енергія, що отримується від фотоелектричних і теплових сонячних панелей, вбудованих в оболонку будівлі, компенсує викиди вуглекислого газу, одержувані в результаті спалювання викопного палива на електростанціях. Проте, головною особливістю проєкту, безумовно, можна вважати те, що автори наочно продемонстрували можливість

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

співіснування сучасних екологічних стандартів та технологій із гарною архітектурою та натуральними матеріалами (рис.2.5).



Рис. 2.5. Будинок з нульовим споживанням енергії в м. Ларвік, Норвегія

Ще одну важливу мету мали творці цього проекту – побудована будівля, призначена для використання як демонстраційна платформа для забезпечення процесу навчання впровадження будівельних технологій, плюс будівництво будинків із вбудованими енергоефективними рішеннями.

Побудований будинок на ділянці землі має характерний нахил на південний схід та похилий поверхні даху, одягнений із сонячними батареями та колекторами. Ці елементи, разом із геотермальними тепловими насосами із свердловин у землі, забезпечують енергетичні потреби всіх приміщень будинку, а також генерування достатньої кількості енергії двом енергоблокам для заряджання електричного автомобіля.

У 2016 році в Хенгело (Нідерланди) був побудований один із найенергоефективніших приватних будинків у світі із застосуванням передових технологій генерації та заощадження енергії (рис. 2.6).

Двоповерховий котедж Lofthouse площею 240 м² створений у стилі лофт та має повністю автономне енергоспоживання (Net Zero Energy). Створений архітектурним бюро BVVV Architecten, будинок орієнтований на простоту та функціональність.

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26



Рис. 2.6. Енергоефективний будинок в Хенгело (Нідерланди) з повністю автономним енергоспоживанням

Котедж був побудований за технологією швидкого будівництва всього за 7 тижнів. Основою будівлі служить плитний фундамент зі сталевим каркасом, а конструкції, що захищають, виконані з сендвіч-панелей Ruukki Energy товщиною 140 мм з наповнювачем PIR, поверх яких встановлені дизайн-профілі Design Tokyo S18. Таке рішення дозволило отримати кращу герметичність і надати будівлі виразного вигляду. До того ж повітряний прошарок вентильованого фасаду значно зменшує температурну дію навколишнього середовища на будівлю, додатково підвищуючи її енергоефективність. М'яка синусоїдальна форма фасадів та покрівлі ефектно переливається, відбиваючи небо, а з великих панорамних вікон відкривається фантастичний вид на луки.

Взимку сонце служить пасивним джерелом тепла через вікна із двокамерними склопакетами на західному та східному фасадах будівлі. Завдяки високому ступеню теплоізоляції та повітронепроникності ($Q_v = 0,2 \text{ м}^3/\text{год} \cdot \text{м}^2$) у поєднанні із сучасним технічним оснащенням будинок вийшов максимально енергоефективним та комфортним. Висока герметичність огорожувальних конструкцій та система вентиляції з рекуперацією тепла (ККД 95%) дозволяють економити енергоресурси та підтримувати оптимальний мікроклімат у приміщеннях. При розмірах будівлі 18x8 м та внутрішньому обсязі 860 м^3 втрати тепла при температурі -10°C становлять близько 5 кВт.

У котеджі встановлений тепловий насос для опалення та нагріву води, що працює за принципом «вода-вода». Основною перевагою такого насосу є

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

можливість пасивного охолодження будівлі влітку. Система «тепла підлога» з частим розташуванням труб дозволяє використовувати теплоносій із дуже низькою температурою. У перший опалювальний сезон температура подачі не перевищувала 26°C, при цьому в приміщеннях вдалося досягти кімнатної температури не нижче 20°C. Як тепловий акумулятор використовуються залізобетонні перегородки, що дозволяють зберігати тепло до 24 годин, таким чином створюючи можливість нагрівати приміщення під час максимальної генерації енергії.

У системі подачі води для душу передбачений теплообмінник, який попередньо нагріває холодну воду, що надходить, від стічних вод з душу, що дозволяє економити близько 45% гарячої води.

Виробництво електроенергії здійснюється за допомогою 20 фотоелектричних панелей, розміщених на покрівлі господарської споруди, що генерують близько 5 кВт·год.

Перший британський енергоефективний будинок, що функціонує повністю на сонячній енергії, було збудовано у Лестерширі силами фахівців Carlin Homes. У будинку використовується інноваційна комбінація існуючих стійких технологій для збирання та зберігання сонячної енергії, які забезпечують будинок опаленням та гарячою водою та приблизно вдвічі більшою кількістю електроенергії, ніж це необхідно для роботи інженерних систем та побутових приладів. Очікується, що побудований як зразковий проект, енергоефективний будинок продемонструє домовласникам та забудовникам, що будівництво будинку з нульовим споживанням енергії є доступним та економічно вигідним.

Двоповерховий будинок, розташований на ділянці в два акра, відрізняється інноваційною архітектурою, у тому числі сонячними батареями на даху, вкритому зонами живого седума – рослини, яка допомагає підтримувати водонепроникність даху. Ключовими технологіями, що використовуються в проекті, є: масив гібридних сонячних панелей, які акумулюють електричну та теплову енергію, бронзові сонячні стінові панелі для попереднього підігріву

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

вентиляційного повітря, що надходить, а також банк енергії землі (ЕЕВ) та тепловий насос для акумулювання та вилучення тепла (рис. 2.7) .



Рис. 2.7. Британський енергоефективний будинок в Лестерширі

Надмірна енергія сонця, зібрана в теплі місяці, зберігатиметься під будинком в ЕЕВ для обігріву приміщень у зимовий період. У поєднанні з іншими відновлюваними технологіями ЕЕВ дозволяє енергоефективному будинку використовувати сонячну енергію для забезпечення опалення та гарячої води цілий рік. Технології будуть керуватися автоматичною системою управління, яка враховує внутрішні та зовнішні температури, потік енергії від сонячних панелей та рівні тепла в ЕЕВ та резервуарі для гарячої води для побутових потреб, щоб оптимізувати продуктивність системи.

Через низького енергоспоживання сонячний будинок потребуватиме тепла від ЕЕВ протягом приблизно 10 тижнів на рік, коли сонце не забезпечує достатню потужність. На додаток до технологій, будинок також збиратиме тепло через велику площу вікон з потрійним склінням, що виходять на південь, що покращить енергоефективність будинку в зимовий період.

У 2018 р. Бюро Snøhetta завершило реконструкцію HouseZero – невеликого дерев'яного будинку, що належить Вищій школі дизайну Гарвардського університету, який вже встигли назвати «наденергоефективною» та «найекодружнішою» будівлею. Проект включав капітальний ремонт будинку 1940-х років, який є штаб-квартирою Гарвардського центру зелених будівель і міст (CGBC) у Кембриджі, штат Массачусетс. Це триповерхова будівля на

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

житловій вулиці з дерев'яним каркасом, кедровим облицюванням та скатним дахом [53].

Фотогальванічні панелі на даху і вікна, що автоматично відкриваються і закриваються – лише частина стійких елементів HouseZero. Головне завдання полягало в тому, щоб досягти радикальних показників: майже нульові витрати на нагрівання та охолодження будинку, нульове споживання електроенергії протягом дня, стовідсоткова природна вентиляція і викиди вуглекислого газу, що зводяться до нуля, в процесі експлуатації. Авторам проекту вдалося блискуче впоратися з цим (рис. 2.8).



Рис. 2.8. HouseZero – реконструйований будинок Вищої школи дизайну Гарвардського університету

Будівля площею 427 м², переоснащена бюро Snøhetta та інженерами-енергетиками Skanska Teknikk Norway, служить одночасно і робочим місцем, і живою лабораторією, у якої далекосяжні плани. По суті, це діючий прототип енергозберігаючого надефективного будинку, який допоможе центру CGBC краще зрозуміти, як поведуться сучасні будівлі. 285 сенсорних датчиків, вбудованих у кожен стратегічний елемент HouseZero, збирають понад 17 мільйонів даних щодня, що дозволяє CGBC проводити постійний моніторинг поведінки будівлі. У свою чергу ці реальні дані ляжуть в основу подальших досліджень, що включають комп'ютерне моделювання, допомагаючи CGBC розробляти нові системи та алгоритми навчання, що сприяють підвищенню енергоефективності та стійкості будівель.

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Досягти таких результатів вдалося багато в чому завдяки застосуванню натуральних матеріалів, наприклад, кедрової деревини для зовнішнього облицювання (як зазначалося вище), усередині – березової та ясенової фанери, силікатного бетону, відновленої цегли та граніту, а також штукатурки з натуральної глини. Для системи опалення використовували радіальну розв'язку, крім того, сонячні теплові батареї забезпечують будівлю гарячою водою, а прозорий скляний димар на східному фасаді дає кращу природну вентиляцію від підвалу до даху.

У додатку А наведено ще декілька прикладів реалізованих проектів будинків з нульовим споживанням енергії в різних країнах світу.

2.4 Основні прийоми проектування і будівництва будинку з нульовим споживанням енергії

Будинок із нульовим енергоспоживанням – це технічний прогрес енергопасивного будинку. У середньому за рік такий будинок показує збалансованість між енергією, що витрачається на його опалення, гаряче водопостачання, допоміжною та побутовою електроенергією та енергією, що виробляється самим будинком, наприклад, через сонячні колектори. Будинки з нульовим споживанням енергії характеризуються особливо високим рівнем комфорту за дуже низького споживання енергії. Це досягається насамперед за рахунок пасивних компонентів (енергозберігаючі вікна, повітронепроникна оболонка будівлі, висока теплоізоляція, контрольована система вентиляції житлових приміщень з рекуперацією тепла та послідовне використання регенеративної енергії, наприклад, за допомогою геотермальних колекторів або теплових сонячних систем).

Отже, концепція енергозберігаючого будинку, в тому числі і будинку нульового енергоспоживання передбачає реалізацію наступних принципів проектування і будівництва:

- правильна орієнтація будівлі з боків світла, відкритість та відсутність затінення південного фасаду, вітрозахист північного глухого боку будівлі зеленими насадженнями, деревами, іншими будівлями господарчого призначення;

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

- максимальна компактність будівлі – співвідношення площі конструкцій, що захищають - стін, вікон, даху, підлоги і всього об'єму будівлі (його корисної площі). Чим менше площа огорожувальних конструкцій по відношенню до корисної площі будівлі, тим компактніша вона;

- наскільки можна повна відсутність балконів та інших зовнішніх елементів. Ідеальною вважається максимальна наближеність форми будівлі до півсфери, що стоїть зрізом на землі;

- розташування з півдня максимальної кількості вікон, світлопрозорих конструкцій, які б пропускали глибоко в будівлю промені низького зимового сонця, але не більше 40% від площі стін;

- наявність зовнішнього літнього сонцезахисту у вигляді еркерів, карнизів, терас, що затіняють світлопрозорі конструкції, вікна і не дають потрапляти променям високого літнього сонця в будинок;

- оптимальне розташування та співвідношення вікон та інших світлопрозорих конструкцій має бути наступним: 70-80% з південного боку, 20-30% зі східного, 0-10% із західного.

- відсутність на північній стороні вікон, світлопропускних конструкцій, через які тепло залишало б будинок;

- поділ на буферні та житлові зони; розташування допоміжних приміщень з півночі як буферні зони; розташування житлової зони на південному сході;

- наявність масивних акумулюючих елементів усередині приміщень - стін з повнотілої цегли або бетону, оброблених зсередини, наприклад, глиняною штукатуркою, для забезпечення прийому, збереження та віддачі ними енергії в місцях, куди потрапляють прямі сонячні промені від низького зимового сонця;

- уловлювання акумулюючими елементами енергії внутрішніх джерел тепла - побутових приладів, комп'ютерів, освітлення, тіла людини тощо;

- повне утеплення всього периметра будівлі: фундаменту, стін, даху; тобто створення зовнішньої теплоізоляційної оболонки будівлі - теплопровідність щільних огорожувальних конструкцій (фундаменту, стін, даху) у пасивному будинку не повинна перевищувати $0,15 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$. Теплопровідність вікон та інших світлопрозорих конструкцій не повинна перевищувати $0,85 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$;

- внутрішня теплоізоляція всіх зовнішніх конструкцій, що захищають - фундаменту, стін, даху;

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

- максимально можлива герметичність (повітронепроникність) зовнішньої оболонки будівлі; - система припливно-витяжної вентиляції з рекуперацією;
- використання підземних каналів (грунтових теплообмінників) для пасивного попереднього підігріву (або охолодження) повітря та води.

Використання вищезазначених прийомів дозволяє енергоефективному будинку дуже добре зберігати тепло: взимку при аварійному відключенні системи опалення температура всередині такого будинку знижується лише на 1-2°C на добу (табл. 2.2).

Таблиця 2.2. Основні складові забезпечення енергоефективності при будівництві будинків з нульовим споживанням енергії

Складові	Елементи
Архітектурні та об'ємно-планувальні рішення	- прості геометричні форми будівель, запроектовані на прямокутному або квадратному плані з урахуванням сонячної інсоляції, вітрового навантаження та вологості; - уникнення елементів, які важко утеплити; - велика площа скління з південного боку для максимального використання сонячної енергії; - уникнення проектування віконних отворів з північного боку, щоб уникнути втрат тепла; - відповідне планування приміщень, що зводить до мінімуму потребу у освітленні та обігріві; - огорожувальні конструкції з високоефективною теплоізоляцією.
Використання сучасних інженерних систем та технологій	- механічна вентиляція з рекуперацією тепла; - автоматизація та самодіагностика систем (система «розумне світло», автоматичне регулювання параметрів мікроклімату тощо); - регенеративність систем (тепло вентиляційного повітря, що видаляється, тепло стоків системи каналізації).
Використання відновлюваних джерел енергії	- сонячні батареї; - сонячні колектори; - вітроенергетичні установки; - теплові насоси; - біопаливо.
Використання енергозберігаючих електроприладів	- світлодіодні лампи; - телевізори з LCD-екранами; - холодильники з інверторним двигуном; - електричні плити з індуктивними нагрівачами; - пральні машини з інверторним двигуном.

Далі більш детально розглянуто основні елементи формування процесів забезпечення нульового енергетичного балансу сучасного будинку.

Архітектурно-планувальні рішення. Правильна орієнтація будівлі залежить від рельєфу місцевості, сезонних вітрів, наявності або запланованої посадки зелених насаджень, дерев. Вимога до відкритості південного фасаду має ключове значення для надходження сонячної енергії, що передбачає достатній вільний простір з цього напрямку. Захищеність північної частини будівлі теж не має значення – чим краще прикрита північна сторона будівлі, тим менше втрат буде в цьому напрямку. Виграшно виглядають у цьому відношенні будинки на південних схилах пагорбів, а також будинки, прикриті з півночі не житловими будівлями, садом, лісом, посадкою.

Хоча оптимальною формою, при максимальному обсязі та мінімальній площі, буде півсфера, форма енергоефективної будівлі може суттєво відрізнятися, залежно від завдань та потреб. На це впливає площа ділянки під будинок, площа його південного фасаду, архітектурні рішення, поверховість, а також інші вимоги, зокрема наявність зовнішнього літнього сонцезахисту.

Тож насправді наближене до півсфери рішення можна зустріти дуже рідко в експериментальних проектах. Найчастіше використовується форма будинку, що в розрізі з півночі на південь нагадує неправильний багатокутник, з великим південним фасадом та зменшеною площею північної сторони (рис.2.9).



Рис. 2.9. Варіант оптимальної форми енергозберігаючого будинку

У плані такий будинок може бути також багатокутним, з південно-східним і південно-західним фасадами, але найбільшою популярністю користується план з подовженням по осі захід-схід. Над вікнами, світлопрозорими конструкціями південного фасаду обов'язково повинні розташовуватися елементи зовнішнього

сонцезахисту – тераси, козирки, навіси, що перешкоджають проникненню сонячного випромінювання в житлові приміщення в літній період і, навпаки, дозволяють низькому зимовому сонцю максимально прогрівати кімнати.

Внутрішнє компонування будинку з нульовим споживанням енергії підпорядковане все тим же завданням мінімізації тепловтрат житлової зони та максимальному надходженню сонячного тепла в неї. Для вирішення в північній частині будинку зазвичай розташовують нежитлові приміщення – ванні кімнати та санвузли, кухню, комори. Житлові приміщення – спальні, дитячі, вітальні – розміщують у південно-східній, південній частинах будинку. Такі будинки часто мають відкриті плани (перетікаючі простори) для полегшення термосифонного ефекту у переміщенні сонячного тепла від південного фасаду через весь будинок (рис. 2.10). Для розподілу теплого повітря в будинках із закритими планами використовується система вентиляції.

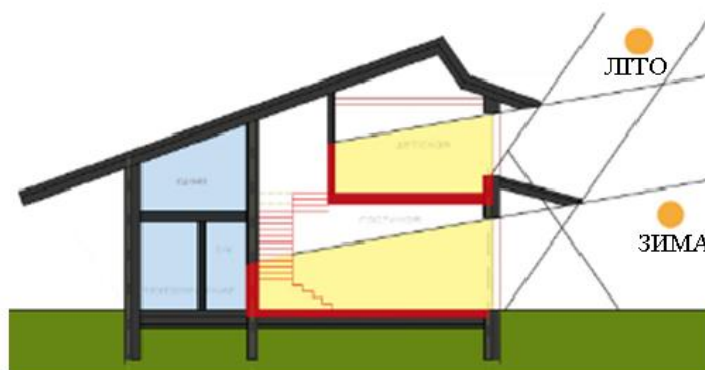


Рис. 2.10. Переміщення сонячного світла і тепла в енергоефективному будинку

Активне використання сонячного світла. Особливе місце в енергозберігаючому будинку приділяється використанню сонячного тепла. Щоб промені вільно проникали всередину в холодну пору року, площа скління може становити до 40% південного фасаду. Для збереження сонячного тепла внутрішні стіни житлових приміщень, розташовані навпроти вікон, роблять теплоакumuлюючими та виготовляють із матеріалів високої щільності: бетону, цегли, каменю, саману. Ці матеріали через ефект теплової інерції – здатність поглинати енергію і віддавати її через якийсь час можуть запасати теплову енергію для подальшої повільної її віддачі, знижуючи температурні коливання в будівлі. Таким чином, значну частину опалювального навантаження будівлі може нести сонячна енергія.

Теплоізоляція. Головним способом запобігання втратам у будинку нульовго енергоспоживання є теплоізоляція. При цьому проводиться чіткий розподіл функцій будівельних матеріалів у конструкціях. Конструкційні та кріпильні елементи повинні забезпечувати міцність, утеплювачі повинні забезпечувати теплову ізоляцію, декоративно-оздоблювальні матеріали – зовнішній вигляд. За такого підходу вдається скоротити кількість містків холоду, якими тепло з дому може виходити назовні. У будинку формується кілька шарів теплоізоляції – внутрішня та зовнішня (рис. 2.11).

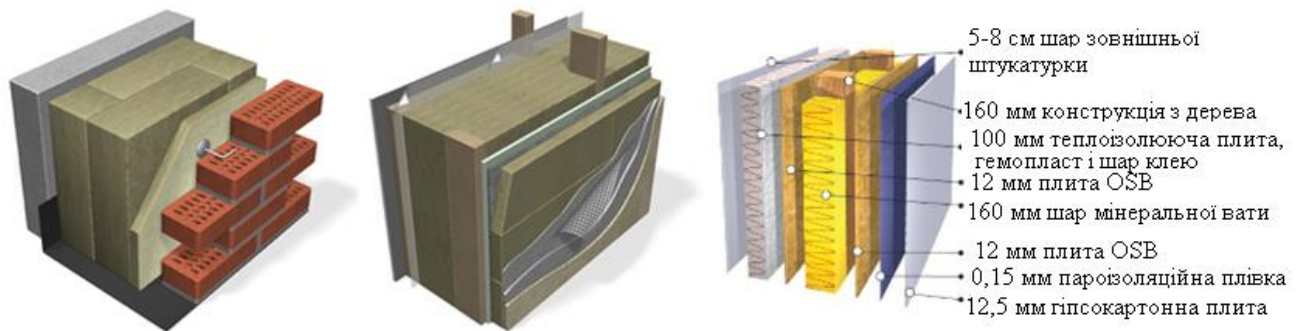


Рис. 2.11. Шари теплоізоляції будинку

Для зовнішньої теплоізоляції стін застосовують системи зовнішнього утеплення будівлі. Це вентильовані навісні фасади та системи фасадного утеплення зі штукатурним шаром. Крім того, використовуються теплоізолюючі панелі товщиною 25- 40 см. Теплоізоляція має бути безперервною, без отворів. Наприклад, балкони не повинні безпосередньо стикуватися з огорожувальними конструкціями – стінами, перекриттями, а відокремляться від них термоізоляцією і розташовуватися на зовнішніх опорах. зокрема з екологічно чистих матеріалів.

Щоб відповідати вимогам будинку з нульовим споживанням енергії, товщина утеплювача в даху в холодному кліматі повинна бути близько 30 сантиметрів. Крім звичайного утеплення мінеральною ватою або спеціальними ізоляційними панелями між кроквами, необхідно ще під крокви нанести додатковий матеріал, що утеплює.

Фасад також потрібно повністю утеплити, щоб уникнути теплових мостів. Тут утеплення проводиться зовні. Можна використовувати як перехресне утеплення мінеральною ватою, так і композитні системи з полістиролу,

мінеральної вати і поліуретану. Товщина стінки утеплювача має бути не менше 26 сантиметрів – для реальної «нульової витрати» краще додати ще кілька сантиметрів.

Термоізоляція даху має важливе значення, і рішення аналогічні термоізоляції стін. В енергоефективних будинках ще з перших проектів поширений односхилий дах, який легше утеплювати, хоча зустрічаються складні ламані конструкції.

Термоізоляція даху – це багатошарова система, що включає як власне теплоізоляцію з запобіганням утворенню мостів холоду, так і пароізоляцію, що дозволяє вентилювати дерев'яні елементи даху, а також перешкоджає утворенню конденсату, що знижує ефективність ізоляційних властивостей утеплювача. Крім повністю утеплених дахів, трапляються холодні покрівлі, коли утеплюється верхнє перекриття, а власне покрівля є окремим елементом конструкції будинку (рис. 2.12).

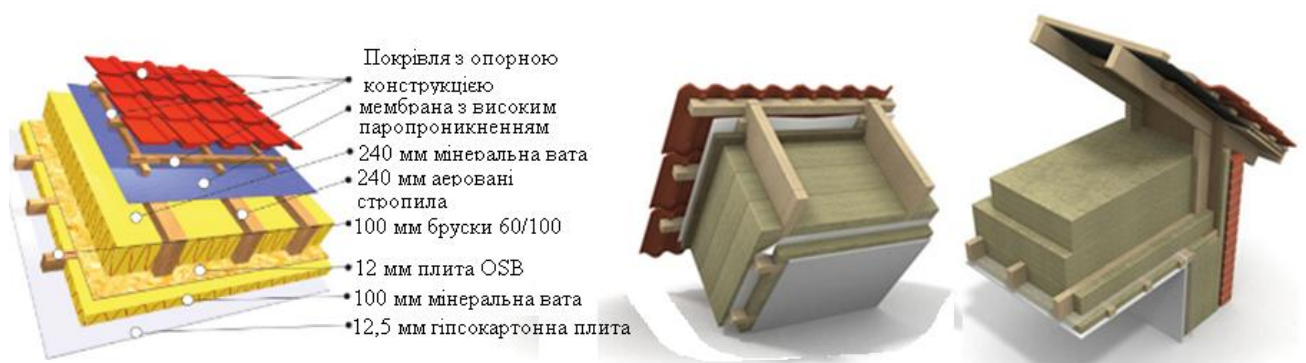


Рис. 2.12. Термоізоляція даху енергоефективного будинку

Теплоізоляція фундаменту будинку. Основа будинку – фундамент – також повністю теплоізолюється з одночасною гідроізоляцією. Вирішується це наступними заходами: теплоізоляцією фундаменту зовні по всій висоті; встановленням горизонтальної зовнішньої теплоізоляції по периметру будинку біля нижньої кромки опори фундаменту; встановленням фундаментних блоків на піщану подушку; застосуванням схеми укладання плити першого поверху на ґрунт через сендвіч: піщана подушка, гідроізоляція, товстий утеплювач; так само фундаментні блоки над поверхнею повинні мати теплоізоляцію ззовні та зсередини. За такої схеми зона промерзання ґрунту перебуватиме на значній відстані від будинку та виток тепла через підпілля будуть несуттєві.

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Аналогічно вирішуються проблеми скорочення тепловтрат при облаштуванні підземних приміщень. Крім утеплення фундаменту також проводяться заходи щодо теплоізоляції перекриття (рис. 2.13).

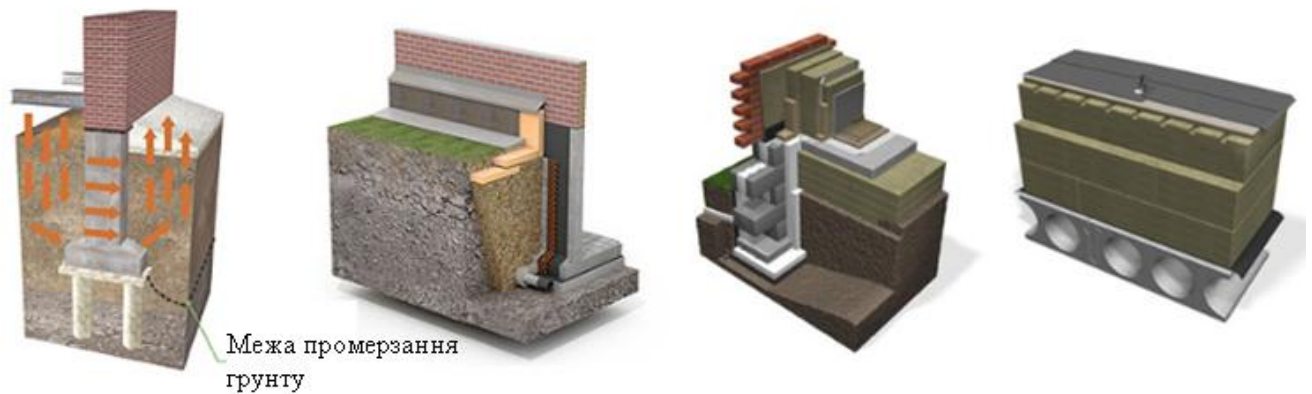


Рис. 2.13. Облаштування та теплоізоляція фундаменту будинку

Використання енергоефективних вікон. Велика увага в будинках нульового споживання енергії приділяється скління та вікнам. У вікнах для таких будинків використовують герметичні склопакети щонайменше з двома контурами ущільнень між рамою та стулками. При цьому самі вікна повинні бути оснащені склопакетом із низькоемісійним покриттям, заповненим інертним газом, наприклад, аргоном. Рами виготовляються із профілю із заповненням, з мінімальним коефіцієнтом теплопередачі. У будинку з нульовим споживанням енергії мають бути встановлені спеціальні вікна пасивного будинку з трьома склами та 5-7камерним профілем. (рис. 2.14).

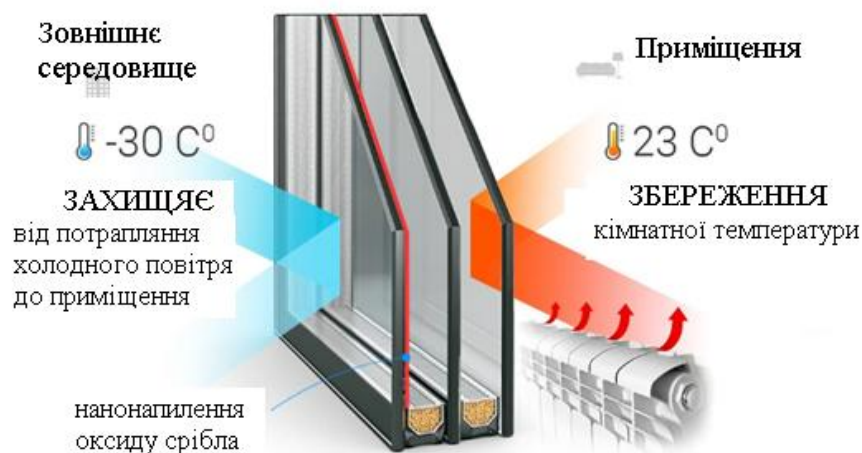


Рис. 2.14. Конструкція енергозберігаючих вікон

Часто вікна роблять такими, що не відкриваються, або відкриваються тільки на провітрювання. Іноді для додаткової теплоізоляції на вікнах встановлюють віконниці, жалюзі або шторки. Для запобігання утворенню мостків холоду вікно при монтажі виноситься в площину теплоізоляції. Тому необхідно приділяти особливу увагу належному встановленню віконних конструкцій, наприклад, забезпечити ретельне загортання в теплоізоляційний шар, контролюючи при цьому герметичне та щільне прилягання.

Ще одним джерелом тепловтрат є входні двері. Тому при вході в енергозберігаючий будинок повинен бути тепловий тамбур і другі двері. Вимоги до ущільнення притвору дверей та стику дверної коробки з конструктивними елементами будівлі такі ж, як для вікон.

Герметичність. Місця примикання даху, стін, фундаменту будинку з нульовим енергоспоживанням намагаються робити із застосуванням термовкладок із конструкційних матеріалів із низькою теплопровідністю. Наприклад, блоків із пористого бетону, спеціальних видів цегли тощо. Місця зчленування додатково герметизують різними видами герметиків, пластичними будівельними розчинами (рис. 2.15).

Показовим є приклад Скандинавії, коли у шведських енергоефективних будинках товщина ефективної теплоізоляції у стінах виходить не менше 400 мм, у даху – не менше 500 мм, у нижньому перекритті – не менше 300 мм.



Рис. 2.15. Герметичність конрукцій

Припливно-витяжна вентиляція з рекуперацією тепла. Однією з найважливіших інженерних систем енергозберігаючого будинку, що дозволяють суттєво зменшити втрати тепла, є система вентиляції з рекуперацією повітря – припливний та витяжний вентиляційний канали мають проходити через

рекуператор, де частина тепла відпрацьованого, але нагрітого повітря передається свіжому, але холодному повітрю з вулиці (рис.2.16). Так само припливний канал для забору повітря може бути прокладений під землею нижче рівня промерзання, щоб додатково підігріти (або охолодити влітку) повітря. Але для досить холодного клімату застосування такого теплообмінника є сумнівним, тому що існує реальна небезпека конденсації та замерзання в ньому вологи при низьких температурах.

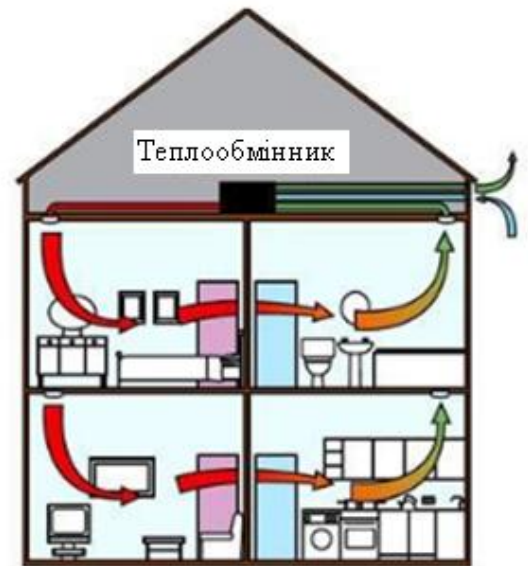


Рис. 2.16. Типова система вентиляції з рекуперацією тепла

Зрештою система рекуперації дозволяє повертати в приміщення до 90% тепла повітря, що виходить (рис.2.17). Перевагою такої системи, окрім економії енергії, є постійний приплив свіжого повітря, що створює приємний та здоровий мікроклімат у приміщенні.



Рис. 2.17. Принцип дії припливно-витяжної вентиляції з рекуперацією тепла

Підвищення енергоефективності будинку за допомогою відновлюваних джерел. Для збільшення енергоефективності будинку застосовується цілий ряд інженерних рішень, спрямованих як на економію споживання зовнішньої енергії – сонячні установки та теплові насоси, так і на виробництво електроенергії – комплекти сонячних батарей (рис. 2.18).

Сонячні колектори, що дозволяють максимально використовувати сонячне випромінювання для нагрівання води, забезпечують пасивний будинок гарячим водопостачанням у весняно-літній період, а також можуть підтримувати систему низькотемпературного опалення – теплу підлогу, теплі стіни.

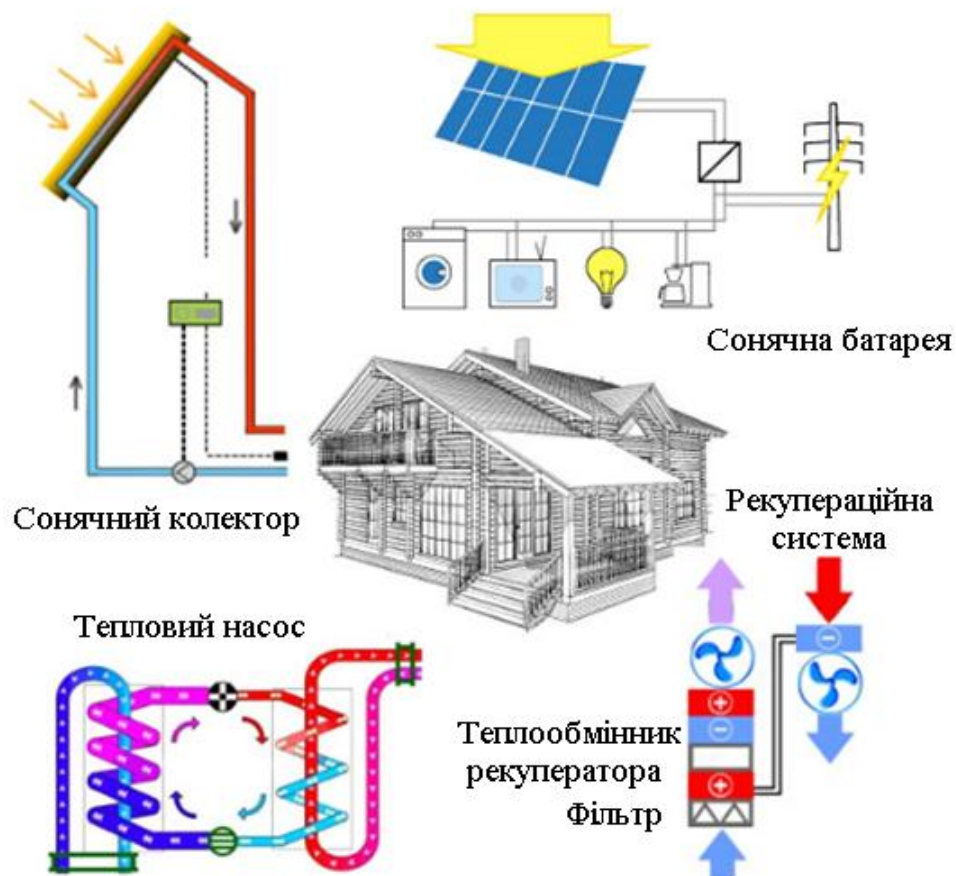


Рис. 2.18. Використання відновлюваних джерел енергії при будівництві будинків з нульовим споживанням енергії

Тепловий насос високоефективно використовує потенціал навколишнього середовища – повітря, землі, води, дозволяючи отримати на виході у кілька разів більше теплової енергії, ніж витрачається електричною. У будинку з нульовим енергоспоживанням, завдяки його мінімальним тепловим втратам, тепловий насос працюватиме лише в найхолодніші дні року, а його максимальна продуктивність досягається при спільній роботі з низькопотенційними системами опалення – фанкойлами, тими самими теплими підлогами, теплими стінами. Сонячні батареї та вітряні генератори, перетворюючи на електроенергію сонячне випромінювання та енергію вітру, дозволяють зробити пасивний будинок нульовим. А якщо їхня продуктивність енергії вища за споживання пасивного будинку, то й активним, причому з набагато меншими встановленими потужностями, а отже, і вартістю системи, ніж знадобилося б звичайному будинку.

Застосування таких систем, як геліоколектори, тепловий насос, рекуперація повітря, веде до відмови від традиційних способів опалення – радіаторів, батарей, котлів, камінів, дров'яних печей з їх низькою ефективністю. Але навіть у такому сучасному житлі, яким є енергоефективний будинок, часто використовуються додаткові печі на паливі. Найкращі – це дров'яні печі повільного горіння з каталітичним допалом горючих газів. Самі печі з каталітичним допалом, або піролізні котли мають дуже високий ККД, близько 80%. Низькі тепловтрати екодома дозволяють використовувати такі котли малої потужності, а дрова є джерелом енергії, що відновлюється.

Окрім прямого обігріву будинку існують системи із сезонною акумуляцією теплової енергії від сонячного випромінювання. Функцію перетворення енергії сонця в тепло здійснюють геліоколектори, а акумуляторами виступають гравій, засипаний у спеціальні контейнери, ґрунт під будинком, великі ємності з рідиною. Такі акумулятори використовують для збільшення теплової інерції будинку. Так само вигідно та зручно, коли акумулятори тепла виконують функції конструктивного елемента будинку, при простій власній конструкції та недорогому пристрої. За рахунок теплопровідності ці акумулятори швидко втрачають енергію, тому їх облаштування потребує гарної тепло- та гідроізоляції, але дозволяє максимально використовувати енергію сонця цілий рік, запасуючи влітку та витрачаючи взимку. Існують так само гібридний теплонасос - геліоколекторні установки, що влітку прогрівують від сонця ґрунт через підземні зонди, а в опалювальний період відбирають його тепло, тим самим значно підвищуючи ефективність теплового насоса (рис. 2.19).

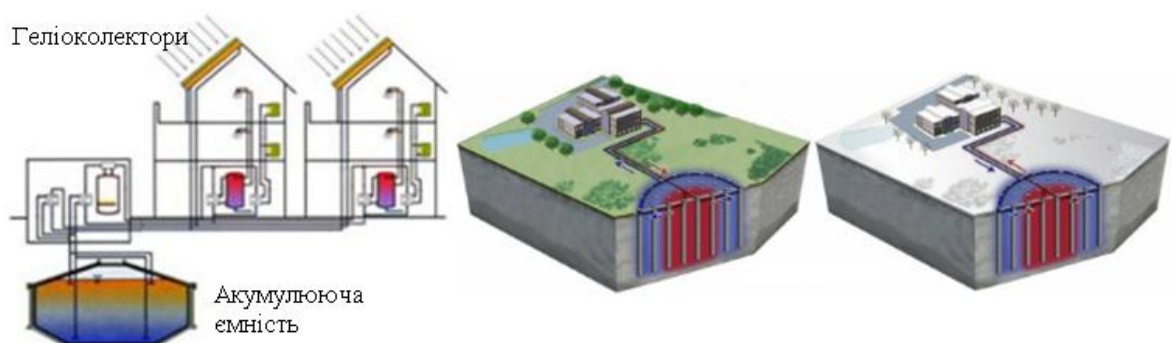


Рис. 2.19. Системи акумуляції тепла

Використання побутової техніки з особливо низьким споживанням енергії. Будинок з нульовим споживанням енергії стає таким лише за умови

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

використання економічних побутових приладів, що дозволяють підтримувати особливо низьке споживання енергії (рис.2.20).



Рис. 2.20. Класи енергоспоживання побутової техніки

Найбільше всього у будинку споживають енергію старі охолоджувальні пристрої. Новий холодильник споживає лише половину енергії, яка потрібна десятирічному приладу. З цієї причини холодильники та морозильники, зокрема, повинні відповідати останнім технічним стандартам. Пристроєм із класом енергоспоживання «A++» і вище варто віддати перевагу.

Посудомийні та пральні машини також повинні мати підключення до гарячої води. Це знижує споживання електроенергії, що могло б виникнути під час нагрівання води. Особливого значення мають також спеціальні енергозберігаючі теплові насоси.

Наступним кроком на шляху до будинку з нульовим споживанням енергії є блоки живлення з низьким енергоспоживанням і, звичайно ж, електричні пристрої, які не просто переходять в режим очікування при вимкненні (і, таким чином, споживають майже стільки ж електроенергії, як у роботі), але фактично відключаються від електромережі.

Автоматизована система керування технічними пристроями в будівлі – додаткова економія теплової енергії. Додаткову економію теплової енергії можна досягти за рахунок використання автоматизованої системи керування всіма технічними пристроями в будівлі. Застосування системи «Розумний будинок» дозволяє економити енергію багатьма різними способів (наприклад, знижувати температуру приміщення під час відсутності людей або в нічний час). За допомогою таких систем людина зможе регулювати опалення та освітлення будівлі, навіть перебуваючи за її межами, за допомогою інтернету або мобільного зв'язку.

Набір функцій системи «Розумний будинок» залежить від бюджету, побажань замовника. Популярні опції, пов'язані з управлінням: освітленістю: включенням, вимиканням, регулюванням світлопотoku; розетками; теплою

підлогою; кондиціонером; шторами; датчиками руху; мультимедіа. До складу системи «Розумний будинок» для будинку можна ще включити пристрої управління: відеодомофон; опаленням; поливальною установкою; воротами; камерами; регулюванням положення рольставень; мультирум; електронні замки.

Отже, на додаток до максимальної економії енергії будинок з нульовим енергоспоживанням вимагає мінімальних витрат на опалення та гаряче водопостачання, а так само, що не маловажно, дозволяє створити внутрішнє комфортне місце існування, адже людина в середньому більше 60% свого часу проводить якраз вдома. Створення комфортного довкілля – це застосування низькотемпературних систем опалення – теплих стін, підлог, що дають взимку ефект нагріву сонячними променями, використання в обробці та покриттях натуральних матеріалів – глиняної штукатурки, каменю, дерева, лінолеуму зі стружки дерева та лляної олії. Все разом дозволяє створити комфортні, екологічні умови, одночасно надаючи мінімальний негативний вплив на довкілля.

Переваги будинку з нульовим споживанням енергії наступні:

- значне скорочення обсягів використання природних ресурсів (викопного палива);
- економія коштів на комунальні послуги, низькі витрати на опалення за рахунок незалежності від цін на нафту та газ, від стрибків електроенергії та її відключення через аварії в мережі;
- навколишнє середовище та клімат оптимально захищені, оскільки система опалення не виробляє викидів CO₂ та інших шкідливих речовин;
- високий рівень комфорту, постійно свіже повітря без протягів та перепадів температури – навіть пилок, пил та дим можуть бути відфільтровані. Влітку наявний комфорт проживання за рахунок зниження температури усередині будинку;
- використання екологічно чистих матеріалів при будівництві, що знижує негативний вплив на довкілля та позитивно впливає на стан здоров'я мешканців будинку.

Недоліками будинків нульового енергоспоживання є:

- складність проектування та будови, з урахуванням особливих кліматичних умов кожного району та типу місцевості;
- вартість будівництва та обладнання для такого будинку значно вища порівняно із звичайними будинками.

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ БУДИНКУ З НУЛЬОВИМ СПОЖИВАННЯМ ЕНЕРГІЇ

3.1 Архітектурно-планувальні рішення та врахування кліматичних показників

В кваліфікаційній роботі розглянуто проект реконструкції житлового будинку загальною площею 179 м², для переобладнання його в будинок нульового споживання енергії. Місце розташування – Миколаївський район (Миколаївська область). Для реконструкції будинку обрано архітектурний проект української компанії AkvilonPro [47]. Південний фасад будинку наведено на рис. 3.1, західний фасад на рис. 3.2, загальна характеристика будинку та його конструктивних особливостей – в табл. 3.1, плани першого і другого поверхів в додатку Б.

Таблиця 3.1 – Загальна характеристика житлового будинку

Показник	Значення (пояснення)
Будинок двоповерховий загальною площею	179 м ² (123 м ² + 56 м ² цокольний поверх)
Кількість постійних жителів	5 осіб
Розміщення будинку	Розміщення входу в будинку на південь. Засклений фасад орієнтований на південь.
Площа вікон південного фасаду	40 % від площі всього південного фасаду
Стіни	Газобетонний блок з утепленням 400 мм
Фундаменти	Суцільна плита з утепленням 100 мм
Вікна	Металопластиковий профіль Rehau Synego MD 80, склопакет з теплою дистанцією
Перекриття другого поверху	Залізобетонні з утепленням 350 мм пінополістиролу
Система вентиляції	Приточно-витяжна з рекуперацією тепла ефективністю до 90 %
Водопостачання	Децентралізоване (питна вода зі свердловини)
Системи для опалення, гарячого водопостачання і охолодження	Тепловий насос
Електропостачання	Гібридна сонячна електростанція



а)



б)

Рис. 3.1. Зовнішній вигляд будинку, що реконструюється: а – південний фасад будинку; б – західний фасад будинку з центральним входом

В основі успішної експлуатації будівлі з нульовим споживанням енергії лежать ідеї пасивного охолодження та обігріву. Широке застосування та розвиток технологій проектування будівель, матеріалів та будівельних систем роблять ці елементи конструкції будівлі ще більш життєздатними. Основна ідея будь-якого екологічно стійкого дизайну – працювати з кліматом, а не проти нього. Конструкція будівлі з нульовим споживанням енергії оптимізована завдяки наявним даним про погоду в зоні розміщення об'єкта, включаючи відомості про сонячну енергію та вітер, які використовуються при проектуванні місцевих систем енергопостачання на відновлюваній енергії. У той же час пасивні компоненти конструкції будівлі не повинні негативно впливати на інші його частини. Будинок повинен використовувати якомога менше енергії для систем освітлення та опалення, вентиляції та кондиціонування повітря.

Кліматичні показники району розташування будівлі наступні. Клімат помірно континентальний. Літо спекотне, вітряне, з частими «суховіями»; середня температура найтеплішого місяця (липня) $+23$ до $+28^{\circ}\text{C}$. Зима малосніжна, порівняно нехолодна; середня температура найхолоднішого місяця (січня) від 0 до -3°C . Річна кількість опадів коливається від 300 - 350 мм (табл. 3.2, рис. 3.2, додаток В). Найменша хмарність спостерігається в серпні, найбільша – у грудні (додаток В). Переважають південні і північно-східні напрямки вітрів (додаток В).

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Таблиця 3.2. Кліматичні показники місця розташування будинку

Показник	Значення
Середньорічна температура повітря, °С	14
Абсолютний мінімум температури, °С	-29,7
Абсолютний максимум, °С	40,1
Середня температура найхолоднішого місяця (січень), °С	-3 - 0
Середня температура найспекотнішого місяця (липень), °С	24 - 28
Середньорічна кількість опадів, мм	350
Середньорічна вологість повітря, %	73
Середньорічна швидкість вітру, м/с	4,5
Переважаючий напрям вітру влітку	південний
Переважаючий напрям вітру взимку	північно-східний
Тривалість опалювального періоду, діб	178

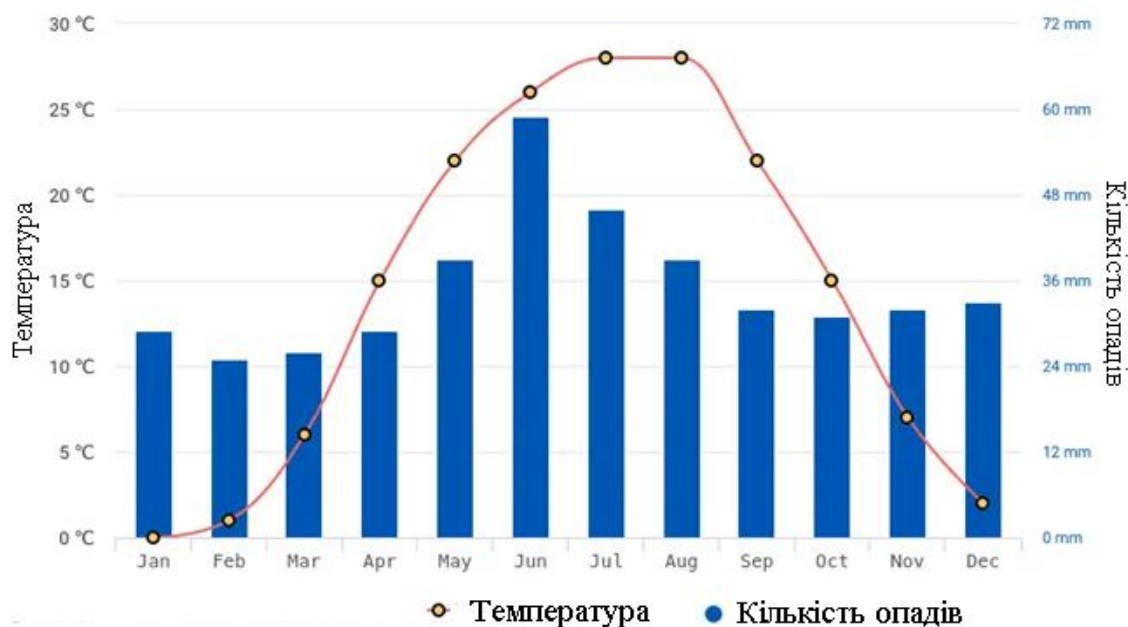


Рис. 3.2. Середньомісячна температура повітря та кількість опадів в Миколаєві [31]

Будинок двоповерховий. На першому поверсі знаходяться кімната, кабінет, кухня об'єднана з вітальною, санвузол, технічне приміщення і сходи на другий поверх. На другому поверсі розташовані три кімнати, санвузол, технічне приміщення і невеликий кабінет (додаток Б).

3.2 Технології і матеріали для огорожувальних конструкцій та теплоізоляції будинку з нульовим споживанням енергії

Для будівництва енергозберігаючого будинку необхідно створити ефективну теплоізоляцію зовнішніх огорожувальних конструкцій. Жорсткі вимоги до теплоізоляції огорожувальних конструкцій дають можливість акцентувати увагу на правильному виборі будівельних матеріалів:

- коефіцієнт теплопередачі зовнішніх непрозорих конструкцій (стін і даху) пасивних будинків повинен бути: $U \leq 0,15 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$, або $R \geq 6,67 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$;
- коефіцієнт теплопередачі світлопроникних конструкцій (фронтальних і дахових вікон, скляних дверей) пасивних будинків повинен бути: $U \leq 0,80 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$, або $R \geq 1,25 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

Рекомендовано для будівництва зовнішніх та внутрішніх стін застосовувати газобетонні блоки.

Переваги будівництва стін із газобетонних блоків наступні:

- стіна з газобетону має гарну тепло- і звукоізоляцію, паропроникна (підтримує оптимальну вологість у приміщенні), тепла на дотик. Має низькі теплопровідними властивостями з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda=0,09 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{С}$. Фактичний опір теплопередачі стіни з газобетонного блоку товщиною 400 мм з мінеральною ватою та облицюванням кlinkерною плиткою відповідає нормативному. Застосування газобетону економить гроші та скорочує терміни будівництва, дозволяє вести кладку в 2,5 рази швидше за цегляну;
- газобетонні блоки мають ідеальну конфігурацію: стіни з газобетону – це готова поверхня для нанесення шпаклівки (основи під фарбування або шпалери);
- легко пиляється під будь-яким кутом;
- газобетон виготовляється з екологічно безпечних матеріалів: пісок, цемент, вапно;
- фізико-технічні характеристики автоклавного газобетону дозволяють зводити несучі конструкції стін заввишки до 20 метрів (до 5 поверхів включно).

Для будівництва запроектованого будинку нульового енергоспоживання використовуються сертифіковані екологічно безпечні, нетоксичні будівельні матеріали, їх характеристика наведена в табл.3.3, їх властивості та екологічні переваги наведені в табл. 3.4.

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Таблиця 3.3 – Характеристика будівельних матеріалів для запроектованого будинку нульового споживання енергії

Будівельний матеріал	Товщина, що використовується у будинку, мм	Густина, кг/м ³	Теплопровідність, Вт/(м ² ·К)
Покрівля			
Металочерепиця Ера РЕМА 350/15	0,5	-	-
Теплоізоляція – мінеральна вата ISOVER KT 40	350	50	0,040
Стіни			
Газобетонний блок AEROC Classic	400	300	0,1
Теплоізоляція – мінеральна вата ISOVER EKO	350	50	0,044
Фасадна клінкерна плитка ELEWACJA RUSTICO	12	-	-
Підлога 1-й поверх			
Керамогранітні плити CERSANIT	14	1400	
Теплоізоляція – Еко пінополістирол (пінопласт) Eurobud EPS 250	250	15	0,041
Перекрыття 2-го поверху			
Залізобетон	-	2500	1,69
Теплоізоляція – Еко пінополістирол (пінопласт) Eurobud EPS 250	350	35	0,039
Фундамент – суцільна плита			
Теплоізоляція – екструдований пінополістирол Eurobud	150	35	0,044

Таблиця 3.4. Властивості використовуваних будівельних матеріалів та їх екологічні переваги

Назва будівельного матеріалу	Кратка характеристика властивостей та екологічні переваги
Металочерепиця	Довговічність обумовлена особливою будовою металочерепиці. Її основу складає металевий лист, на який зверху та знизу нанесені оцинковка, антикорозійний захист та ґрунтовка. Висока міцність забезпечується завдяки ребрам жорсткості цього профільованого листа. Тому металочерепиця, виготовлена з металу завтовшки 0,4 – 0,5 мм, здатна витримувати всі навантаження, що припадають на покрівлю. Квадратний метр матеріалу важить всього 4-5 кг, через це не чинить серйозного тиску на несучі конструкції. Крім того, при монтажі немає потреби у спеціальній техніці, щоб підняти металочерепицю на дах, що також здешевлює вартість робіт. Металочерепиця є екологічно безпечним матеріалом, який не несе жодної загрози здоров'ю людини.

Назва будівельного матеріалу	Кратка характеристика властивостей та екологічні переваги
Газобетонні блоки	Екологічно чистий матеріал. При їх виготовленні використовуються тільки компоненти натурального походження – цемент, пісок, вапно, гіпс та алюмінієва пудра. Блокові вироби не виділяють повітря шкідливих речовин — отже, безпечні як власників зведеного їх житла, так навколишнього середовища. Стінові блоки з газобетону, мають такі переваги, серед яких: ідеальна геометрія; високі шумоізоляційні властивості; мала питома вага; легкість обробки – пиляння, нарізки, свердління, штроблення, виконання інших операцій; простота монтажу; екологічність; морозостійкість; можливість використання клейових сумішей для з'єднання блоків, а значить, мінімальна ширина швів, що утворюються; висока вогнестійкість.
Мінеральна вата	Це утеплювач, що використовується як тепло- та звукоізоляційний шар в будівельних конструкціях. Матеріал виготовляється з природних компонентів – кварцу, соди, вапна і містить мінімальну кількість синтетичного в'язучого. Мінеральна вата має наступні переваги, як будівельний матеріал: екологічно безпечний; довговічний; стійкий до шкідників, що руйнують деревину, гризунів і комах; легка оброблюваність – вироби можна розрізати, свердлити тощо. Висока пружність, легко встановлювати між кроквами. Належить до групи негорючих матеріалів (НГ): не горить і не підтримує горіння.
Плити пінополістирольні (ППС)	Якісні пінополістирольні плити характеризуються низькою теплопровідністю (0,027-0,040 Вт/м·К) і щільністю (15 - 40 кг/м ³). При цьому міцність пінополістиролу дозволяє застосовувати його як конструктивний елемент, здатний нести значні навантаження протягом тривалого часу. Цей матеріал зовсім не токсичний. Пінополістирол на 97% складається з повітря. У всьому світі з нього виготовляють упаковки для продуктів харчування, термоси для транспортування людських органів, вулики для бджіл тощо. Пінополістирол є інертною структурою, що прагне зберегтися в незмінній формі, а значить, він не може викликати алергії, астми, хвороби, пов'язані з мікропилем. Як утеплювач пінополістирольні плити застосовуються: у системах з утеплювачем із внутрішньої сторони огорожувальної конструкції; у системах з утеплювачем усередині огорожувальної конструкції.
Фасадна клінкерна плитка	Виготовлена з червоної або жовтої глини клінкерна плитка на практиці довела, що є зносостійким та довговічним матеріалом. Це один з найкращих облицювальних матеріалів у приватному та малоповерховому будівництві, оскільки має безліч очевидних переваг: - міцність. Клінкерну плитку виготовляють із спеціальної сланцевої глини, яку під тиском поміщають у форму та обпалюють при температурі не менше 1100°C. В результаті виходить однорідний матеріал, що по міцності не поступається керамограніту; - стійкість до дій. Завдяки відсутності глибоких пор клінкерна плитка не вбирає вологу і витримує не менше 300 циклів заморозки. На неї не впливають опади (зокрема кислотні дощі), перепади температури, інтенсивне сонячне випромінювання та інші природні чинники. - довговічність. Клінкерне облицювання фасаду служить не менше 80 років.

Назва будівельного матеріалу	Кратка характеристика властивостей та екологічні переваги
Фасадна клінкерна плитка	- простий догляд. Бруд не в'їдається в поверхню плитки завдяки відсутності пор. Щоб очистити фасад, достатньо обдати його водою із шланга. - екологічність. Глина, з якої виготовляють плитку, є природною, повністю безпечною сировиною. - дизайн. При виготовленні клінкерної плитки не використовують барвників, колір матеріалу надає вигляду оригінальної сировини. Колірна гама варіює від блідо-жовтого та кремового до густо-коричневого кольору. Структура поверхні різноманітна: є гладкі та шорсткі, глясові та засклені варіанти.
Керамограніт	Це синтетичний облицювальний камінь, що виготовляється з каолінових глин, кварцу та польового шпату. Склад його дуже близький до природного мінералу, але спосіб виготовлення дозволяє отримати більш цікаві характеристики, особливо з точки зору екологічних та гігієнічних якостей, а саме: - матеріал не є сприятливим середовищем для розмноження бактерій; - можливість утворитися плісняви дорівнює нулю; - не накопичує бруд: низька пористість просто не дозволяє цього зробити; - гігієнічні якості залишаються незмінними протягом 50 років; - хімічна стійкість – клас ЕАА, це найвищий показник. Під дією не тільки побутової хімії, а й куди більш агресивних речовин, керамограніт зберігає свої властивості. Керамограніт – унікальний синтетичний матеріал з настільки прекрасними користувальницькими якостями, що краще за численні природні аналоги. Тут справді поєднуються і екологічність, і гігієнічність, і міцність, і довговічність, і краса.

В реконструйованому будинку **фундамент** формується як суцільна плита, що є найенергоефективнішим типом фундаменту. Масив підлоги, в основі якого лежить така плита, буде акумулювати теплову енергію. Щоб утеплити фундамент такого типу, утеплювач укладається між плитою і ґрунтом по всій площі. Доводити цей шар потрібно до утеплювача цоколя, перетворюючи тим самим теплоізоляцію в безперервну оболонку.

3.3 Конструктивні особливості вікон і входних дверей

В проектуваному будинку передбачається встановлення профільної системи REHAU SYNEGO, яка дозволяє виготовити вікна на 50% тепліші ніж звичайні. Профіль REHAU SYNEGO – це 7-ми камерна система підвищеної

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

термоізоляції, коефіцієнт опору теплопередачі якої становить $1,0 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$. В поєднанні з теплим енергоефективним склопакетом коефіцієнт опору теплопередачі конструкції становить до $1,51 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$. [4].

Профіль REHAU SYNEGO є екологічним продуктом, який відповідає всім європейським стандартам якості. Конструкції, виготовлені з цього профілю, пройшли сертифікацію і дозволені для установки в медичних і дитячих закладах. Переваги профільної системи REHAU SYNEGO наступні:

- завдяки високому рівню теплоізоляції профіль REHAU SYNEGO значно скорочує витрати на опалення і кондиціонування;
- звукоізоляція (до 46 дБ) значно зменшує рівень шуму;
- завдяки спеціальній рецептурі ПВХ і новому удосконаленому методу виготовлення поверхня профілю ще більш гладенька. Завдяки цьому бруд не затримується на поверхні профілю;
- три контури ущільнення в профілі роблять вікно повністю герметичним, що виключає проникнення пилу, вологи і протягів всередину приміщення (рис. 3.3, додаток Г).



Рис. 3.3. Профільної системи REHAU SYNEGO MD [5]

В конструкціях вікон використовуються енергозберігаючі склопакети від ТМ Вікна КОРСА з теплою пластикової дистанційною рамкою SWISSPACER і інертним газом криптон, що значно покращують показники енергоефективності. Дистанційна рамка являє собою пластиковий профіль, який розміщується між стеклами, по контуру склопакета. Перенесення тепла відбувається в основному через дистанційну рамку. Скло Climaguard Solar запобігає нагріванню

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

приміщення від сонця влітку і ефективно утримує тепло всередині приміщення взимку. Мінімальний вміст інертних газів в склопакетах – 90%. Збереження ефекту від них складає 10 років.

Також для запроектованого енергоефективного будинку обрано входні двері з терморозривом модель Ufo комплектація COTTAGE від компанії ABWEHR UKRAINE [33]. Двері мають енергоефективний трикамерний склопакет, який має високий рівень енергоощадження, але водночас не перешкоджає попаданню світла в приміщення (додаток Г).

3.4 Санітарно-технічне та інженерне обладнання для забезпечення комфортних умов проживання у будинку

Система вентиляції. Вентиляція в житлових кімнатах організується через витяжні канали в санвузлах та кухні, де встановлені рекуператори для повернення тепла від повітря витяжної вентиляції.

Рекуператор – це пристрій, в якому відбувається передача тепла повітря, яке виходить з приміщення, свіжому входному повітрю. Тобто тепло виходить із приміщення разом із повітрям витяжної вентиляції та використовується це тепло для нагрівання входного повітря. Припливний та витяжний потоки повітря в рекуператорі не змішуються, відбувається тільки передача тепла.

У реконструйованому будинку для ефективної вентиляції передбачається встановлення припливно-витяжної установки з рекуперацією тепла Вентс ВУТ 350 В1Б ЕС А14. Ця установка є повністю готовим вентиляційним агрегатом, що забезпечує фільтрацію, подачу свіжого повітря в приміщення та видалення забрудненого повітря. Корпус виготовлений із високоякісної пофарбованої сталі з полімерним покриттям. Усередині він оснащений шаром тепло- та звукоізоляції з мінеральної вати, товщиною 40 мм, що забезпечує ефективний захист від теплових втрат та поглинання звуків. Енергоощадний ЕС-двигун з ККД до 90 % з відцентровим робочим колесом із загнутими лопатками назад сприяє високопродуктивності при відведенні повітря (рис. 3.4, додаток Д).

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53



Рис. 3.4. Припливно-витяжна установка Вентс ВУТ 350 В1Б ЕС А14 [45]

В установках застосовуються пластинчасті рекуператори противоточного типу з високою ефективністю повернення тепла з полістиролу. Під блоком рекуператора розташований піддон для збору і відводу конденсату. Захист рекуператора від обмороження здійснюється шляхом періодичної зупинки припливного вентилятора на час, необхідний для розмерзання, по сигналу від датчика температури. При необхідності, рекуператор легко виймається для чищення.

Для фільтрації припливного та витяжного повітря в установці є два вбудовані фільтри зі ступенем очищення G4. Для деяких моделей опціонально може бути встановлений фільтр припливу зі ступенем очищення F7.

Прилад оснащений вбудованою системою автоматики та забезпечений зручною настінною сенсорною панеллю управління А14 з LED-індикацією для легкого та інтуїтивного контролю. Для продуктивнішої роботи, пристрій обладнується такими датчиками: CO₂, вологості, пожежної сигналізації та ін.

«Установка обладнана контактом для релейного сигналу від зовнішнього датчика. Робота установки по зовнішньому датчику (наприклад, по датчику CO₂), дозволяє істотно скоротити енергоспоживання. Алгоритм роботи можна розглянути на прикладі роботи з датчиком CO₂: Коли в будинку нікого немає, рівень CO₂ низький, і немає необхідності в інтенсивній вентиляції. Коли в приміщенні з'являються люди, рівень CO₂ підвищується, і датчик передає сигнал про це установці, замикаючи релейний контакт. Установка по цьому сигналу автоматично перемикається на максимальну швидкість і працює на ній до тих

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

пiр, поки рiвень CO₂ не знизиться i контакт не розiмкнеться. Пiсля цього установка повертається до попереднього режиму роботи» [45].

Вентиляцiйна установка розмiщується на стiнi або пiдлозi технiчного примiщення 1-го поверху. У житлових кiмнатах передбачається приплив та витяжка повітря. Для запобiгання розповсюдженню запахiв з кухнi, витяжка передбачається iз зони готування в приплив у вiтальню. Для компенсацiї повітря, що видаляється з санвузлiв приплив повітря передбачається в коридор (рис. 3.5).



Рис. 3.5. Схема припливно-витяжної вентиляції з рекуперацією тепла

Система водопостачання приватного будинку використовується для побутових потреб, приготування їжі, поливу рослин на ділянці. Для вирішення питання водопостачання приватного будинку використовується вода з свердловини. Мережа водопроводів монтується з напірних поліетиленових труб.

Внутрішня мережа каналізації служить прийому господарсько-фекальних вод від санітарних і побутових приладів, і навіть їхнього наступного відведення у зовнішню мережу каналізації. Її основними елементами є відвідні лінії, стояки та випуски. Відвідні лінії від раковин, мийок та ванн до входу в стояк монтують із труб діаметром 50 мм, а від унітазів – 100 мм. Їх прокладають під підлогою, у перекриттях. При цьому варіант прокладання відвідних ліній залежатиме від типу санітарного приладу, місця його встановлення, а головне – дотримання необхідного ухилу як основної умови каналізації.

Система опалення, гарячого водопостачання та охолодження.

Опалення служить для штучного обігріву приміщень в холодну пору року для компенсації в них тепловтрат і підтримки температури на певному рівні. Система опалення повинна забезпечувати такі температури внутрішнього повітря в приміщеннях: житлові кімнати – 20...23 °С; кухня, туалет – 19...21 °С; ванна та суміщені санвузли – 19...20 °С; коридори – 18...20 °С; комори, вестибюлі та сходові клітки – 16...18 °С.

В даний час використання тепла навколишнього середовища є одним із найінноваційних та ефективних способів, які надають можливість опалювати будівлі різного призначення. Тому тепловий насос є одним із найбільш значущих винаходів останніх років. За допомогою цього пристрою можна опалювати житлове приміщення звичайним повітрям. Насос бере енергію безпосередньо з вулиці та переносить у будинок. Цей процес можливий навіть у холодні зимові місяці, коли температура знижується до -25 °С.

Теплові насоси в якості джерела тепла використовують відновлювані ресурси: повітря навколишнього середовища; воду в природних водоймах; землю; технологічне тепло; тепло стічних вод.

В залежності від джерела теплоенергії та виду теплоносія, теплові насоси розрізняють на кілька типів: повітря-повітря; земля-вода; вода-вода; повітря-вода. Основними перевагами теплових насосів є їх екологічність та безпека, оскільки обладнання зберігає природні ресурси та не відбувається процесу горіння.

Тепловий насос повітря-вода є універсальною системою, яка дозволяє об'єднати функції опалення, гарячого водопостачання та кондиціювання повітря. Тепловий насос повітря-вода є найбільш затребуваним варіантом завдяки тому, що за рахунок своїх функціональних і конструктивних особливостей володіє масою переваг. Так, наприклад, теплова установка «повітря-вода» не потребує багато місця, тоді як монтажні роботи та запуск теплового насоса здійснюється у мінімальні терміни. Також при установці такого теплового насоса немає потреби проводити низку додаткових будівельних або земляних робіт. Крім того, тепловий насос повітря-вода відрізняється безшумністю в роботі, це дозволяє успішно встановлювати цю систему в міських умовах.

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

З метою вибору марки і потужності теплового насосу визначаємо теплові витрати реконструйованого будинку площею 179 м².

Питоме теплове навантаження для енергоефективних будинків, які мають якісну теплоізоляцію становить $q_{\text{опал}} = 30\text{-}50 \text{ Вт/м}^2$. Для Миколаївської області, враховуючи кліматичні умови і середню температуру найхолоднішого місяця до -3°C (розрахункова мінімальна температура -10°C) приймаємо $q_{\text{опал}} = 50 \text{ Вт/м}^2$.

Звідси визначаємо, що для відшкодування тепловтрат приміщення в 179 м² в добре утепленому будинку буде потрібно:

$$Q_{\text{об}} = 50 \text{ Вт/м}^2 \cdot 179 \text{ м}^2 = 8950 \text{ Вт або } 8,95 \text{ кВт теплової потужності.}$$

Для визначення теплової потужності теплового насоса для нагрівання води для побутових потреб користуються нормативними даними по споживанню води певної температури і сумарному теплоспоживанню, виходячи з кількості людей, які мешкають у будинку. Добове споживання гарячої води температури 45°C на 1-ну людину становить 50 л. При цьому тепло споживання для гарячого водопостачання становить 0,25 кВт на 1-ну людину за добу.

Отже для сім'ї з 5 осіб, які проживають у будинку 179 м², необхідна теплова потужність для гарячого водопостачання становить:

$$Q_{\text{ГВ}} = 0,25 \text{ кВт/люд} \cdot 5 \text{ люд.} = 1,25 \text{ кВт.}$$

Для відшкодування втрат енергії на охолодження приймаємо питоме навантаження $q_{\text{охол}} = 12,5 \text{ Вт/м}^2$, за умови використання засобів активного зовнішнього сонцезахисту – козирки, зовнішні штори, жалюзі. Отже :

$$Q_{\text{ох}} = 12,5 \text{ Вт/м}^2 \times 179 \text{ м}^2 = 2238 \text{ Вт або } 2,24 \text{ кВт теплової потужності.}$$

Далі визначаємо сумарне теплове навантаження на тепловий насос з урахування навантажень на опалення, гаряче водопостачання і охолодження:

$$Q_{\text{заг}} = 8,95 + 1,25 + 2,24 = 12,44 \text{ кВт теплової потужності}$$

Враховуючи отримані дані приймаємо необхідну потужність теплового насосу – 12-13 кВт.

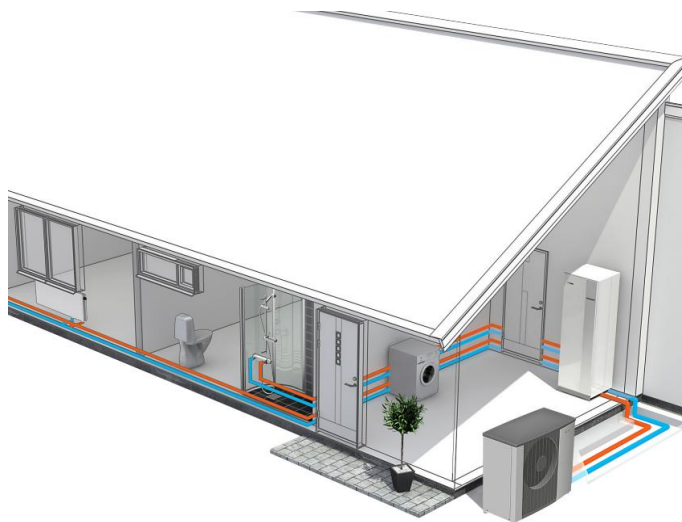
Для запроектованого будинку з нульовим енергоспоживанням обираємо моноблочний тепловий насос типу «повітря-вода» NIBE F2120-16, що виробляється у Швеції і має найвищий клас енергоефективності A+++.

Даний тепловий насос «повітря-вода» NIBE F2120-16 тепловою потужністю 13 кВт повністю забезпечує систему опалення, гарячого водопостачання і кондиціонування в запроектованому будинку площею 179 м². (рис. 3.6, додаток Е).

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57



а)



б)

Рис. 3.6. Моноблочний тепловий насос «повітря-вода» NIBE F2120-16 [40]:
а – зовнішній вигляд теплового насосу; б – технологія встановлення теплового насосу

Сезонна ефективність NIBE F2120 – COP до 5,5. Він має кращий в своєму класі робочий діапазон і забезпечує температуру подачі до 65°C. Навіть при температурі зовнішнього повітря -25°C тепловий насос F2120 забезпечує температуру подачі до 63°C. Компресор з інверторним керуванням і технологією EVI (впорскування пари) адаптує свою потужність до поточної потреби в теплі. Має трифазне електропідключення. Тепловий насос має вбудовану функцію охолодження (мінімальна температура подачі при охолодженні + 7°C).

В данному тепловому насосі використовується холодинний агент R410A, що не містить хлору, не чинить токсичного ефекту на здоров'я людини, характеризується мінімальним потенціалом виснаження озонового шару. Використання цього фреону дає змогу досягти більшої холодопродуктивності при мінімумі споживаної потужності [40].

Система опалення в будинку комбінована, тепла підлога та радіатори. Тепловий насос і бак непрямого нагріву на 265 літрів забезпечує сім'ю із п'яти осіб гарячим водопостачанням. Тепловий насос стабільно тримає температуру в будинку 23°C та нагрітий бак гарячого водопостачання до 50°C.

В будинку також можна передбачити влаштування альтернативних систем опалення:

- основним заходом вважається підігрів повітря в системі припливно-витяжної вентиляції;

- також проєкт будинку передбачає в деяких приміщеннях систему підігріву підлоги, яка живиться від гарячого водопостачання;
- для додаткового опалення приміщень може використовуватися електроенергія;
- використання каміна для обігріву приміщень. При цьому теплом каміна можна прогрівати повітря в припливній системі вентиляції. Щоб побудувати максимально енергоефективний будинок, проєкт повинен передбачати камін із закритою топкою. Це пов'язано з тим, що процес горіння вимагає значного припливу повітря, чого не може забезпечити камера згоряння відкритого типу. Для подачі в топку піддуву передбачений окремий повітропровід. Продукти згоряння відводяться по ізольованому каналу. Вони також можуть направлятися на підвищення енергоефективності будинку, наприклад, в рекуператор.

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

РОЗДІЛ 4

ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ БУДИНКУ З НУЛЬОВИМ СПОЖИВАННЯМ ЕНЕРГІЇ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЙОГО ЕКОЛОГІЧНИХ ПЕРЕВАГ

4.1 Визначення джерела електропостачання

Відновлювані джерела електроенергії завойовують велику популярність. Найдоступнішими та наймасовішими стали сонячні батареї. Сонячна батарея – один з генераторів альтернативних видів енергії, що перетворюють сонячне випромінювання в електрику. Дія фотоелементів сонячної батареї ґрунтується на принципі, за якого під впливом світла між двома напівпровідниками виникає електричний струм. Масив таких фотоелементів утворює фотоелектричну панель, що є основою сонячної батареї.

Внаслідок роботи сонячні батареї генерують постійний струм. Енергія може використовуватися як безпосередньо різними приладами, запасатися в акумуляторних батареях для подальшого використання, або перетворюватися на змінний струм напругою 220 Вт.

Використання сонячної енергії має багато переваг. Це надійне, чисте і тихе джерело енергії. Для дому сонячна батарея може бути використана для: освітлення та енергопостачання приміщень; освітлення територій (парки, сади, двори); енергопостачання телекомунікаційного обладнання; енергопостачання водопостачання; заряджання та живлення мобільних телефонів, ноутбуків та багатьох інших приладів.

Для постачання будинку електрикою використовується автономна система енергопостачання, яка включає наступні компоненти:

- сонячні батареї – для перетворення сонячної енергії на електричну;
- інвертор, що перетворює постійний струм на змінний;
- акумуляторну батарею, роль якої накопичувати енергію та згладжувати перепади напруги;

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

- контролер заряду акумулятора, який не дозволяє акумулятору перезарядитись або розрядитися заздалегідь.

Таким чином, очевидні переваги сонячних батарей:

- тривалий термін служби (25 років та більше);
- незалежність від технічних неполадок централізованого електропостачання;
- вкрай низька ймовірність виходу сонячної батареї з ладу;
- відсутність потреби у постійному обслуговуванні;
- безкоштовність самої енергії (проте після того, як в систему були вкладені чималі гроші і вона окупилася).

Недоліки сонячних батарей як джерела енергії наступні:

- висока вартість і, як наслідок, тривалий термін окупності;
- залежність від погодних умов (неефективні в зимовий час, вимагають очищення від снігу);
- низький ККД у порівнянні з традиційними джерелами енергії (15-20 %);
- неможливість використання для приладів, що споживають велику потужність;
- застосування сонячних батарей вимагає встановлення додаткового обладнання та наявності приміщення для встановлення акумуляторів.

Перед встановленням сонячних батарей на даху будинку необхідно переконатися, що навантаження на конструкцію даху не буде надмірним. Правильна робота елементів батареї залежить від її розташування на даху, зокрема, від кута нахилу елементів. Кут нахилу батареї щодо горизонту в наших широтах має становити близько 25-45 градусів. Але якщо сонячні батареї встановлюються на скатній покрівлі, цей параметр залежатиме від кута її нахилу. Найбільш правильний варіант – встановити батареї під прямим кутом до такого положення Сонця, від якого надходить максимальна кількість енергії.

Сонячні батареї можна встановлювати не лише на даху. Якщо її конфігурація не дозволяє раціонально розмістити панелі, їх можна встановити і на землі. Однак найкращим, все-таки, є спосіб надпокрівельної установки. В

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

цьому випадку батарея вентилюватиметься знизу, що зменшить її температуру, а значить – підвищить ККД.

Встановлення сонячних батарей у горизонтальній площині є неприйнятним, оскільки в такому положенні на їхній поверхні буде накопичуватися велика кількість забруднень.

4.2 Розрахунок щорічного обсягу споживання електроенергії

Для розрахунку щорічного обсягу споживання електроенергії визначаємо всі прилади, які потребують електроенергії в будинку в зимовий та літній періоди (табл. 4.1, табл. 4.2).

Таблиця 4.1. Потреба в електроенергії в зимовий період

Найменування	Кількість	Потужність одного електроприладу, Вт	Загальна потужність приладів, Вт	Час роботи, годин на добу	Споживання електроенергії, Вт·год на добу	Споживання електроенергії, кВт·год на місяць
Лампи світлодіодні	30	6	180	7	1260	37,80
Зарядний пристрій мобільного телефону	2	5	10	1	10	0,31
Холодильник	1	-	-	-	570	17,1
Ноутбук	2	75	150	6	900	27,9
Телевізор	2	80	160	3	240	14,88
Супутникова антена	1	20	20	3	60	1,86
Насос свердловини	1	500	500	0,5	250	7,75
Мікрохвильова піч	1	800	800	0,5	400	12,4
Індукційна плита	1	1800	1800	1,3	2340	72,54
Тепловий насос	1	1010	1010	14	14140	438,34
Інвертор для СЕС	1	50	50	24	1200	37,2
Припливно-витяжна установка	1	169	169	8	1352	40,56
Пральна машина*	1	690	690	1	690	21,39
Праска*	1	2000	2000	0,1	200	6,00
Фен*	1	2000	2000	0,2	400	12,4
Пилосос*	1	1700	1700	0,2	340	10,54
Всього:	-	-	11000	-	12030	758,97

* виключається можливість одночасного використання даних електроприладів

Таблиця 4.2. Потреба в електроенергії в літній період

Найменування	Кіль- сть	Потужніс- ть одного електро- приладу, Вт	Загальна потужність приладів, Вт	Час роботи, годин на добу	Споживання електроенергії, Вт·год на добу	Споживання електроенергії, кВт·год на місяць
Лампи світлодіодні	30	6	180	5	900	27,00
Зарядний пристрій мобільного телефону	2	5	10	1	10	0,31
Холодильник	1	-	-	-	570	17,1
Ноутбук	2	75	150	6	900	27,9
Телевізор	2	80	160	3	480	14,88
Супутникова антена	1	20	20	3	60	1,86
Насос свердловини	1	500	500	0,5	250	7,75
Мікрохвильова піч	1	800	800	0,5	400	12,4
Індукційна плита	1	1800	1800	1,3	2340	72,54
Тепловий насос	1	1010	1010	10	10100	313,1
Інвертор	1	50	50	24	1200	37,2
Припливно витажна установка	1	169	169	10	1690	50,7
Пральна машина*	1	690	690	1	690	21,39
Праска*	1	2000	2000	0,1	200	6,00
Фен*	1	2000	2000	0,2	400	12,4
Пилосос*	1	1700	1700	0,2	340	10,54
Всього:	-	-	11000	-	12030	633,07

* виключається можливість одночасного використання даних електроприладів

Продуктивність сонячної електростанції визначаємо за формулою:

$$E = \frac{I \cdot K_0 \cdot V_{\text{с.п.}} \cdot K_{\text{втр}}}{U_{\text{вип}}}, \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

де I – інтенсивність сонячного випромінювання, що потрапляє на поверхню Землі в горизонтальній площині. Значення можна вибрати, скориставшись картою інтенсивності сонячної радіації за рік;

K_0 – поправочний коефіцієнт перерахунку сумарного потоку сонячної енергії з горизонтальної площини на похилу поверхню сонячних панелей в залежності від орієнтації відносно півдня. Дані обираємо з [50];

$V_{\text{с.п.}}$ – номінальна потужність сонячної панелі чи ланцюга сонячних модулів, кВт;

$K_{\text{втр}}$ – коефіцієнт, що враховує втрати сонячної панелі при перетворенні та передачі електроенергії, приймаємо 0,9 [50];

$U_{\text{вип}}$ – інтенсивність сонячної радіації, при якій фотоелектричні панелі тестуються (умови STC), тобто $1000 \text{ Вт/м}^2 = 1 \text{ кВт/м}^2$ [50]

Приймаємо для регіону Миколаївської області інтенсивність сонячного випромінювання $I = 1250 \text{ кВт} \cdot \text{год/м}^2 \cdot \text{рік}$ [50].

Кут нахилу покрівлі 25° та відхилення від південного напрямку 0° , отже $K_0 = 1,12$ [50]; .

Номінальну потужність сонячних панелей визначаємо, виходячи з того, що приймаємо 39 панелей по 545 Вт кожна:

$$V_{\text{с.п.}} = 39 \cdot 545 = 21255 \text{ Вт} = 21,255 \text{ кВт.}$$

Визначаємо середньорічну генерацію енергії сонячною електростанцією:

$$E = (1250 \cdot 1,12 \cdot 21,255 \cdot 0,9) / 1 = 29757 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік.}$$

Враховуючи середній місячний рівень сонячної радіації ($\text{кВт} \cdot \text{год/м}^2/\text{добу}$) для м. Миколаїв [30], поблизу якого розташований житловий будинок, визначаємо обсяги генерації електроенергії запроектованою сонячною електростанцією за місяцями протягом року (рис. 4.1).



Рис. 4.1. Графік генерації електроенергії сонячною електростанцією

Аналіз графіка (рис. 4.1) дає можливість зазначити, що фотоелектрична система з 39 сонячних батарей повністю покриває потреби в електроенергії і в зимовий період (760 кВт·год на місяць) і в літній період (633 кВт·год за місяць). Найменше значення виробленої електроенергії фотоелектричною системою припадає на грудень – 762 кВт·год. Найбільше значення виробленої електроенергії становить – 4201 кВт·год і припадає на липень, що в 6,6 разів більше ніж потреба в електроенергії досліджуваного будинку, що дає можливість подавати надлишки електроенергії в мережу за «зеленим тарифом».

4.3 Вибір та загальна характеристика обладнання сонячної електростанції для будинку з нульовим енергоспоживанням

До застосування в фотоелектричній системі обираємо сонячні монокристалічні модулі Jinko Solar JKM545M-72HL4-(V) номінальною потужністю 545 Вт. Розміри в мм: 2274x1134x35 (рис. 4.2, додаток Є). Ефективність роботи модуля складає 21,12 %.

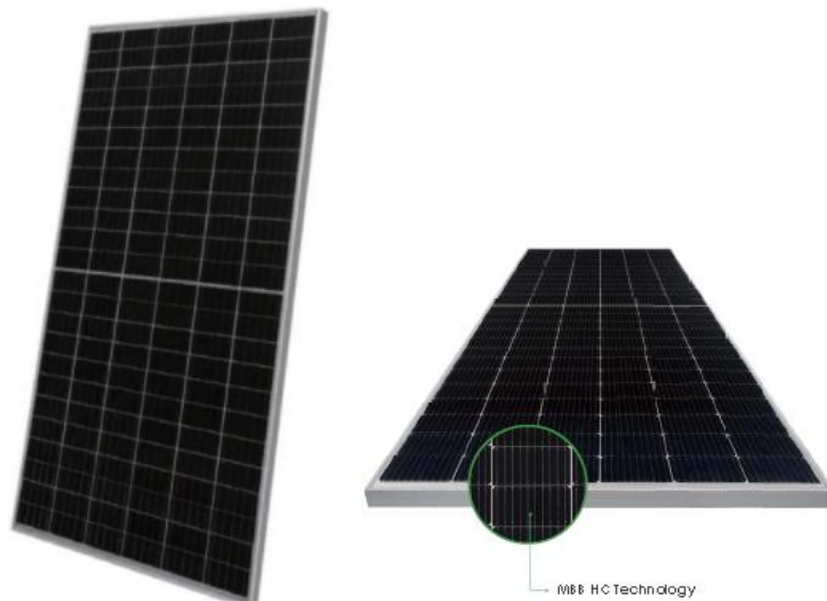


Рис. 4.2. Сонячний монокристалічний модуль Jinko Solar JKM545M-72HL4-(V) [49]

Для перевірки достатності площі покрівлі для встановлення 39 модулів визначаємо їх загальну площу:

$$39 \cdot 2,274 \cdot 1,134 = 100,57 \text{ м}^2.$$

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

При цьому 24 модулі буде встановлено безпосередньо на покрівлю, площа якої становить: $14 \text{ м} \cdot 5,5 \text{ м} = 77 \text{ м}^2$. Площа модулів буде $24 \cdot 2,274 \cdot 1,134 = 61,89 \text{ м}^2$.

На суцільному сонцезахисному козирку над вікнами другого поверху площею $14 \text{ м} \cdot 2,3 \text{ м} = 32,2 \text{ м}^2$, буде встановлено 12 модулів площею $30,94 \text{ м}^2$.

Ще три модулі будуть встановлені на підставці під нахилом або на даху гаража або на козирку над входними дверима. Площа цих модулів становить $3 \cdot 2,274 \cdot 1,134 = 7,74 \text{ м}^2$.

Для запроектованої сонячної електростанції номінальною потужністю 21,255 кВт обираємо гібридний мережевий інвертор SUN-30K-SG01HP3-EU-BM3 Deye WiFi номінальною потужністю 30 кВт (додаток Ж).

Переваги гібридного мережевого інвертора SUN-30K-SG01HP3-EU-BM3 Deye WiFi наступні [8]: двостороння компенсація споживання та власне споживання з мережі 50 Вт; робота у “зеленому тарифі” так і всередині мережі; WiFi моніторинг у комплекті постачання тощо.

Також передбачається встановлення акумуляторної батареї Pylontech LV 19.2 із технологією літій залізо фосфат (LiFePO_4). Ці акумуляторні батареї характеризуються глибокою ємністю, тривалим терміном експлуатації, великою кількістю циклів заряду-розряду та сучасним компактним практичним дизайном (додаток З). Термін експлуатації більше 20 років [1].

4.4 Обґрунтування екологічних переваг будинку нульового споживання енергії

Для покращення екологічних параметрів будинку з нульовим енергоспоживанням рекомендовано впровадження додаткових заходів.

Зниження обсягів водоспоживання:

- встановлення водозберігаючих приладів. Наприклад, встановлення аераторів на крани з обмеженням до 5 л/хв.

- збір та повторне використання «сірої» води. «Сіра вода» відноситься до стічних вод, що утворюються в домашніх господарствах або офісних будинках з потоків без фекального забруднення, тобто всіх потоків, за винятком стічних вод з туалетів. Джерела «сірої» води включають раковини, душові кабінки, ванни, пральні або посудомийні машини. Оскільки сіра вода містить менше патогенів, ніж побутові

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

стічні води, її зазвичай безпечніше і легше обробляти і повторно використовувати на місці для промивання туалетів, ландшафтного зрошення або зрошення сільськогосподарських культур та інших непитних цілей.

- використання для поливу рослин на присадибній ділянці системи крапельного зрошення з накопиченою дощовою водою.

Повторне використання матеріалів та відходів:

- мінімізація впливу на довкілля в процесі будівництва та реконструкції будинку шляхом оптимізації обсягів будівельних відходів та зниження викидів шкідливих речовин;

- будівництво та реконструкція будинку повинна відбуватися таким чином, щоб 70 % матеріалів (за масою) могли б бути повторно використані, перероблені або безпечно утилізовані після закінчення терміну експлуатації;

- повторне використання органічних відходів для виробництва компосту, як біодобрива.

Позитивний вплив на біорізноманіття:

- висаджування зелених насаджень (чагарників, дерев, трав'янистих рослин) на присадибній ділянці з північної та північно-західної сторони будинку для створення зеленого покриву, місць гніздування для птахів, покращення стану атмосферного повітря та підвищення естетичної привабливості території.

Управління параметрами енергоспоживання, внутрішнього мікроклімату та впливу на довкілля:

- встановлення системи «Розумний будинок»;
- постійний моніторинг обсягів споживання води, теплової енергії, електроенергії. Наприклад, забезпечення функціонального середовища для мешканців: світлодіодне освітлення з датчиками присутності, адаптивний контроль рівня зовнішнього освітлення, високоефективні джерела живлення тощо;
- щорічний огляд і профілактика всіх санітарно-технічних систем будинку;
- формування екологічної свідомості всіх мешканців будинку та розвиток навичок раціонального використання природних ресурсів.

Враховуючи все вищезазначене обгрунтовано екологічні переваги запроєктованого будинку з нульовим енергоспоживанням за декількома критеріями: оцінка екологічності будівлі; показники енергозбереження; вплив на здоров'я мешканців будинку (рис. 4.3).

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67



Рис. 4.3. Екологічні переваги будинку з нульовим споживанням енергії

Визначаємо **основні екологічні показники** експлуатації будинку з нульовим енергоспоживанням:

- використання сонячної електростанції з 39 панелей, загальна номінальна потужність яких становить 21,255 кВт, дозволяє отримати за рік 29757 кВт·год електричної енергії та зекономити паливно-енергетичні ресурси – близько 3,7 тонн умовного палива, що відповідає 2886 м³ природного газу або 2,29 тонн вугілля;
- використання теплового насоса дозволяє отримати екологічно чисту теплову енергію в кількості 55532 кВт·год за рік та зекономити паливно-енергетичні ресурси – близько 6,82 тонн умовного палива, що відповідає 5320 м³ природного газу або 4,2 тонн вугілля.
- в результаті процесів енергоефективності та використання відновлюваних джерел енергії відбувається скорочення викидів парникових газів (CO₂) у кількості 16,26 тонн/рік.

При цьому основні переваги будинку з нульовим енергоспоживанням полягають у можливості забезпечення децентралізованого електропостачання і тепlopостачання, зниженні негативного впливу на довкілля та збереженні паливно-енергетичних невідновних природних ресурсів.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Загальні положення охорони праці

Згідно законодавства України про охорону праці відповідальність за стан умов та охорони праці на підприємстві покладається на роботодавця.

Роботодавець зобов'язаний забезпечити:

- безпеку під час експлуатації виробничих будівель, споруд, обладнання;
- безпеку технологічних процесів та застосовуваних у виробництві сировини та матеріалів, а також ефективну експлуатацію засобів колективного та індивідуального захисту;
- виконання вимог законодавчих та інших нормативних правових актів з охорони праці на кожному робочому місці;
- організацію належного санітарно-побутового та лікувально-профілактичного обслуговування працівників;
- режим праці та відпочинку працівників, встановлений законодавством;
- видачу спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту, миючих та знешкоджуючих засобів відповідно до встановлених норм працівників, зайнятих на виробництві зі шкідливими та небезпечними умовами праці, а також на роботах, пов'язаних із забрудненням;
- ефективний контроль за рівнем впливу шкідливих та небезпечних виробничих факторів на здоров'я працівників;
- відшкодування шкоди, заподіяної працівникам внаслідок каліцтва, професійного захворювання чи інших ушкоджень здоров'я, що з виконанням ними трудових обов'язків;
- навчання, інструктаж працівників та перевірку знань працівниками норм, правил та інструкцій з охорони праці;
- інформування працівників про стан умов та охорони праці на робочому місці, про існуючий ризик пошкодження здоров'я та належні працівникам засоби індивідуального захисту, компенсації та пільги;

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

- допуск представників органів державного нагляду та контролю та громадського контролю для здійснення їх функцій; надання їм необхідної інформації;

- своєчасну сплату штрафу, накладеного органами державного нагляду та контролю за порушення законодавства про охорону праці та нормативних правових актів з безпеки та гігієни праці;

- необхідні заходи щодо забезпечення збереження життя та здоров'я працівників у разі виникнення аварійних ситуацій, у тому числі належні заходи щодо надання першої допомоги потерпілому;

- обов'язкове страхування працівників від тимчасової непрацездатності внаслідок захворювання, а також від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань.

Зобов'язання роботодавців щодо забезпечення охорони праці відображаються у генеральних, галузевих, спеціальних актах-угодах, колективних договорах та індивідуальних трудових договорах (контрактах).

Працівники зобов'язані:

- дотримуватись норм, правил та інструкцій з охорони праці;

- правильно застосовувати засоби колективного та індивідуального захисту;

- негайно повідомляти свого безпосереднього керівника про будь-який нещасний випадок, що стався на виробництві, про ознаки професійного захворювання, а також про ситуацію, яка створює загрозу життю та здоров'ю людей.

5.2 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів

У процесі виконання будівельно-монтажних робіт та робіт на висоті, враховуючи їх широкий спектр, можуть виникнути при порушенні правил і норм, такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- запиленість та загазованість;

- підвищені рівні шуму та вібрації;

- несприятливі метеорологічні умови;

- небезпека при роботі з машинами і механізмами з частинами обладнання, що рухаються і обертаються;

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

- підвищена чи знижена температура поверхонь устаткування, матеріалів, повітря робочої зони;
- гострі краї, шорстка поверхня устаткування, матеріалів;
- розташування робочих місць у небезпечних зонах, замкнених об'ємах, на значній висоті відносно землі або значно нижче рівня землі;
- падіння переміщуваних вантажів;
- підвищена напруга в електричному колі, замикання якого може відбутися через тіло людини;
- недостатня освітленість робочої зони.

Також можуть виникати небезпечні фактори, зумовлені незадовільною організацією робіт, зокрема:

- допуск працюючих у будівельну зону без захисних касок;
- виконання робіт без наряду-допуску;
- відсутність огорож небезпечної зони чи спостерігачів;
- виконання робіт на висоті без застосування запобіжних засобів;
- відсутність контролю над виконанням робіт, виконуваних різними організаціями одному об'єкті.

Ці та інші фактори нерідко призводять до виробничих травм, а за систематичного знаходження працівників у шкідливих умовах – до професійних захворювань.

5.3 Організаційно-технічні заходи, що забезпечують безпеку праці

Безпека праці у будівництві забезпечується дотриманням вимог нормативних документів у питаннях охорони праці та експлуатації механізмів. Усі працівники повинні виконувати вимоги ДБН А.3.2-2-2009. «Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення».

Будівельно-монтажні, капітальні та поточні ремонти повинні проводитися за розробленими та затвердженими проектами організації робіт та проектами виробництва, де відображаються та наводяться інженерні рішення щодо забезпечення безпеки праці персоналу. Будівельні та монтажні роботи, що виконуються в діючих виробничих цехах силами інших цехів або підрядних

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

організацій, відносяться до робіт підвищеної небезпеки та повинні проводитись за нарядами-допусками.

Перед початком монтажних робіт усі робітники повинні бути ознайомлені з проектом виробництва та пройти інструктаж з безпеки праці, а при зміні умов праці повинен проводитись повторний інструктаж. Необхідно призначити відповідального за проведення будівельно-монтажних робіт, що дає допуск до виконання робіт.

Щодня перед початком роботи, особа, відповідальна за проведення будівельно-монтажних робіт, повинна перевірити наявність знаків безпеки, попереджувальних плакатів, переносного освітлення, сходів, риштування, лісів, перекриттів, огорож тощо. Будівельні роботи із застосуванням відкритого вогню у приміщеннях з вибухо- та пожежонебезпечними речовинами повинні проводитись відповідно до вимог ДНАОП 0.00-5.12-2001 «Інструкція з організації безпечного ведення вогневих робіт на вибухонебезпечних та вибухопожежних об'єктах».

На будівельному майданчику з метою попередження падіння з висоти будівельних конструкцій, виробів, матеріалів, що переміщуються краном, а також втрати їх стійкості в процесі монтажу або складування в проектних рішеннях повинні бути зазначені:

- засоби контейнеризації або тара для переміщення штучних або сипких матеріалів, а також бетону або розчину з урахуванням характеру та вантажопідйомності вантажу, що переміщується, та зручності подачі його до місця робіт;
- вантажозахоплювальні пристрої (вантажні стропи, траверси та монтажні захоплення), відповідні масі та габаритам вантажу, що переміщується, умовам стропування та монтажу;
- способи стропування, що забезпечують подачу елементів конструкцій при складуванні та монтажі у положенні, відповідному або близькому до проектного;
- пристрої (піраміди, касети) для стійкого зберігання елементів будівельних конструкцій;
- порядок та способи складування будівельних конструкцій, виробів, матеріалів та обладнання;
- способи тимчасового та остаточного закріплення конструкцій;
- способи видалення відходів будівельних матеріалів та сміття;

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

- місце встановлення та конструкція захисних перекриттів або козирка за необхідності знаходження людей у зоні можливого падіння дрібних матеріалів чи предметів.

Усі роботи з переміщення вантажів повинні проводитися під керівництвом особи, відповідальної за виконання цих робіт з кранами. При використанні електроустановок слід керуватися «Правилами безпечної експлуатації електроустановок» (ДНАОП 1.1.10-1.01-97).

Для попередження ураження працюючих електричним струмом слід передбачати:

- вказівки щодо влаштування тимчасових електромереж, вибору трас та визначення напруги тимчасових силових та освітлювальних електромереж, пристроїв для огороження струмопровідних частин та місцезнаходження вступно-розподільчих систем та приладів;

- способи заземлення металевих частин електроустаткування;

- додаткові захисні заходи під час виконання робіт у приміщеннях з підвищеною небезпекою та особливо небезпечних, а також під час виконання робіт в аналогічних умовах поза приміщеннями;

- заходи щодо безпечного виконання робіт в охоронних зонах ліній електропередачі.

Відповідно до «Правил з охорони праці під час виконання робіт на висоті», до роботи на висоті відносяться роботи, при виконанні яких працюючий знаходиться на висоті 1,3 м і більше від поверхні, перекриття або робочого настилу та на відстані менше ніж 2 м від кордону перепаду по висоті. Верхолазними вважаються роботи, які виконуються на висоті понад 5 м від поверхні землі перекриття або робочого настилу. При цьому має використовуватись запобіжний пояс. Роботи на естакадах (за відсутності огорож самих естакад або отворів, при необхідності виходу за огорожу тощо), з мостових кранів слід оформляти наряд-допуском.

До самостійних верхолазних робіт допускаються особи:

- не молодше 18 років ;

- визнані придатними до верхолазних робіт медичним оглядом;

- мають кваліфікацію не нижче 3-го розряду, спеціально навчені правилам безпечного виконання верхолазних робіт та мають про це позначку у посвідченні з техніки безпеки;

					101.2277ст.07.КР	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- пройшли стажування з верхолазних робіт під наглядом досвідченого робітника протягом 1 року;
- що мають наряд-допуск до виконання верхолазних робіт та пройшли інструктаж.

Роботи на висоті можуть виконуватися з риштування, лісів, майданчиків і візків, мостових кранів, з колісок підйомників, вишок, а також з приставних сходів і драбин висотою не більше 5 м. Роботи, пов'язані з подачею електричної напруги або з вимірами під напругою, з натягом проводів, тросів та кабелів, з використанням порохового інструменту, з необхідністю упору (наявність перекидального моменту), виконувати з приставних драбин або драбин забороняється.

Монтажні роботи на висоті на відкритому повітрі при силі вітру понад 6 балів (швидкість від 10 до 12 м/с), в ожеледицю, сильний снігопад, дощ та грозу забороняється.

Верхолазні роботи поблизу проводів, що знаходяться під напругою, виробляються лише з дозволу особи, відповідальної за експлуатацію електромережі, та під керівництвом інженерно-технічного працівника, який зобов'язаний вказати мінімальну відстань від робочого місця до лінії електропередачі та забезпечити безпечні умови роботи.

Для запобігання падінню працюючих з висоти у проектних рішеннях слід передбачати:

- скорочення обсягів верхолазних робіт за рахунок застосування конвеєрного або укрупнювального складання, крупноблочного або безкранового методу монтажу;
- переважний першочерговий пристрій постійних конструкцій, що захищають (стіл, панелей, огорожувальних балконів і прорізів);
- застосування огорожувальних пристроїв, що відповідають конструктивним та об'ємно-планувальним рішенням будівлі, що зводиться і задовольняють вимогам безпеки праці;
- визначення місця та способів кріплення запобіжного пояса.

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

ВИСНОВКИ

1. Будинок з нульовим споживанням енергії (англ. zero-energy building) – будівля, що володіє високою енергоефективністю, здатна на місці виробляти енергію з відновлюваних джерел і споживати її в рівній кількості протягом року. Будинок з нульовим споживанням енергії протягом року споживає стільки ж енергії, скільки сам і виробляє з відновлюваних джерел. Такі технології дозволяють суттєво знизити шкідливий вплив на довкілля та заощадити витрати на обслуговування будинків.

2. Визначено що основними прийомами забезпечення енергоефективності та енергозбереження при будівництві будівель з нульовим енергоспоживанням є: архітектурні та об'ємно-планувальні рішення; активне використання сонячного світла; високий рівень теплоізоляції будинку; використання енергоефективних вікон; герметичність будівельних конструкцій без «містків холоду»; припливно-витяжна вентиляція з рекуперацією тепла; використання відновлюваних джерел енергії для тепlopостачання та електропостачання; автоматизована система керування технічними пристроями.

3. В кваліфікаційній роботі розглянуто проект реконструкції житлового будинку загальною площею 179 м², для переобладнання його в будинок нульового енергоспоживання. Для данного будинку передбачається використання екологічно чистих, сертифікованих будівельних матеріалів, в тому числі і для його максимальної теплоізоляції. Для системи опалення, гарячого водопостачання та охолодження передбачається використання моноблочного теплового насосу типу «повітря-вода» NIBE F2120-16. Також в будинку передбачено встановлення каналної припливно-витяжної установки Вентс ВУТ 350 В1Б ЕС А14 з рекуперацією тепла. Ефективність рекуперації тепла 90 %. В проектуваному будинку передбачається встановлення енергоефективної екологічної профільної системи REHAU SYNEGO, яка дозволяє виготовити вікна на 50% тепліші ніж звичайні. В поєднанні з теплим енергоефективним

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

склопакетом коефіцієнт опору теплопередачі конструкції становить до $1,51 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

4. Для вибору джерела електропостачання реконструйованого будинку проведено розрахунок щорічного обсягу використання електроенергії. В зимовий період потреба в електриці для всіх приладів і технічних систем будинку становить $759 \text{ кВт} \cdot \text{год}$ на місяць, в літній період – $633 \text{ кВт} \cdot \text{год}$ на місяць. В якості джерела електроенергії обрано гібридну сонячну електростанцію з монокристалічними модулями. За результатами розрахунків номінальна потужність сонячної електростанції становить $21,255 \text{ кВт}$, середньорічна генерація енергії сонячною електростанцією складає $29757 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{рік}$.

5. За результатом аналізу розрахованих показників генерації електроенергії можна зазначити, що фотоелектрична система з 39 сонячних батарей повністю покриває потреби в електроенергії і в зимовий і в літній періоди. Найменше значення виробленої електроенергії фотоелектричною системою припадає на грудень – $762 \text{ кВт} \cdot \text{год}$. Найбільше значення виробленої електроенергії становить – $4201 \text{ кВт} \cdot \text{год}$ і припадає на липень, що в 6,6 разів більше ніж потреба в електроенергії досліджуваного будинку, що дає можливість подавати надлишки електроенергії в мережу за «зеленим тарифом».

6. Обґрунтовано екологічні переваги будинку з нульовим споживанням енергії за декількома критеріями: оцінка екологічності будівлі; показники енергозбереження; вплив на здоров'я мешканців будинку. Доведено, що в результаті процесів енергоефективності та використання відновлюваних джерел енергії для будинку відбувається скорочення викидів CO_2 у кількості $16,26$ тонн/рік. При цьому при використанні відновлюваних джерел енергії можна отримати екологічно чисту енергію, а саме: від теплового насосу – $55532 \text{ кВт} \cdot \text{год}$ за рік теплової енергії; від сонячної електростанції – $29757 \text{ кВт} \cdot \text{год}$ за рік електричної енергії. Також це дає можливість заощадити паливно-енергетичні ресурси – близько $10,52$ тонн умовного палива, що відповідає 8206 м^3 природного газу або $6,49$ тонн вугілля.

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Акумулятор Pylontech LV 19.2 (19,2 кВт * год, 48 В) US2000. URL: <https://alteco.in.ua/ua/produkty/akkumulyatory-products-2/li-ion-akkumulyatornye-batarei-akkumulyatory-products-2/akumulyator-pylontech-lv-19-2-192-kvt-god-48-v-us2000-detail>
2. Апатенко Т.М., Безлюбченко О.С., Завальний О.В. Енергомодернізація житлових будинків як виклик сучасності. Scientific Journal «ScienceRise». 2018. № 12(53). С. 6–18.
3. Будинок з нульовим енергоспоживанням (ZEB) – нове покоління екологічних будівель. URL: <https://ecotechnica.com.ua/uk/stati/dom-s-nulevym-energopotrebleniem-zeb-novoe-pokolenie-ekologichnykh-stroenij>.
4. Вентиляція в пасивному будинку. URL: [https:// solarsoul.net](https://solarsoul.net).
5. Вікна SYNEGO. URL: <https://www.rehau.com/ua-uk/pryvatnym-klientam/vikonni-systemy/ogliad-system/rehau-synego>.
6. Воронін А. В. Досвід країн Євросоюзу в галузі технічного нормування теплового захисту будівель і споруд. *Технології будівництва*. 2007. № 4. С. 75.
7. Географічно-біологічний опис м. Миколаєва. URL: <http://www.novageografia.com/vogels-88-1.html>.
8. Гібридний мережевий інвертор Deye SUN-12K-SG01LP3-EU WiFi. URL: <https://alteco.in.ua/ua/produkty/sonyachni-batareyi/inventory-sonyachni-batareyi/gibridnye-inventory-inventory-sonyachni-batareyi/gibridnij-merezhevij-invertor-deye-sun-12k-sg01lp3-eu-wifi-detail>.
9. ДБН А.3.2-2-2009 Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. [Чинний з 01.04.2012]. Київ: Мінрегіонбуд, 2010. 117 с.
10. ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція будівель. [Чинний з 08.07.2016]. Київ : Мінрегіон України, 2016. 37 с.
11. ДБН В.1.1.7-2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. [Чинний з 01.06.2017]. Київ : Мінрегіон України, 2017. 47 с.
12. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України. Офіційний сайт. URL: <https://saee.gov.ua/uk/content/energy-efficiency>.
13. Дешко В.І., Суходуб І.О., Яценко О.І. Дослідження підходів до визначення теплового навантаження системи опалення / Енергетика: економіка, технології,

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

екологія. 2017. № 2. С. 52–60.

14. Долінський А. А. Енергозбереження та екологічні проблеми теплоенергетики. *Вісник НАН України*. 2006. № 2.
15. Досвід зведення будівлі з майже нульовим рівнем енергоспоживання. URL: <https://rautagroup.com/uk/dosvid-zvedennya-budivli-z-majzhe-nulovim-rivnem-energospozhivannya/>.
16. ДСТУ Б А.2.2-12:2015 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні. [Чинний з 01.01.2016]. Київ: Мінрегіон України, 2015. 145 с.
17. ДСТУ Б EN 15251:2011 Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики. [Чинний з 01.01.2013]. Київ: Мінрегіон України, 2013. 71 с.
18. ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 Енергоефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання при опаленні та охолодженні. [Чинний з 01.01.2013]. Київ: Мінрегіон України, 2013. 241 с.
19. ДСТУ EN 15217:2013 Енергетична ефективність будівель. Методи представлення енергетичних характеристик та енергетичної сертифікації будівель. [Чинний з 01.01.2014]. Київ: Мінрегіон України, 2014. 44 с.
20. ДСТУ EN 15603:2013 Енергетична ефективність будівель. Загальне енергоспоживання та проведення енергетичної оцінки. [Чинний з 01.01.2014]. Київ: Мінрегіон України, 2014. 92 с.
21. ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015 Енергетична ефективність будівель. Настанова з проведення енергетичної оцінки будівель. [Чинний з 2016-01-01]. Київ: Мінрегіон України, 2015. 29 с.
22. ДСТУ ISO 50002:2016 Енергетичні аудити. Вимоги та настанова щодо їх проведення. [Чинний з 01.09.2016]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016.
23. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». Розпорядження Кабінету Міністрів України від 18.08.2017, № 605-р. 73 с.
24. Енергоефективність будівель в Україні. <https://dergbud.org.ua/enerhoefektyvnist-budivlua.html>

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

25. Енергоефективність в муніципальному секторі. Навчальний посібник для посадових осіб місцевого самоврядування / А.Максимов, І.Вахович, Т.Гутніченко та ін. /Асоціація міст України. Київ: ТОВ «ПІДПРИЄМСТВО «ВІ ЕН ЕЙ», 2015. 184 с.
- 26.Енергоефективність: що це і як впливає на комфорт проживання. URL: <https://nerukhomi.ua/ukr/news/energoefektivnist-scho-tse-take-i-yak-vplivae-na-komfort-prozhivannya.htm>.
- 27.Закон України «Про енергетичну ефективність будівель». Відомості Верховної Ради, 2017, № 33, ст.359.
28. Закон України «Про енергетичну ефективність». Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2022, № 2, ст.8.
29. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2694XII. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1992, № 49, ст.668.
30. Інсоляція: вплив на виробництво електроенергії сонячними панелями. URL: <https://www.solargarden.com.ua/insolyatsiya-vplyv-na-vyrobnytstvo-elektroenergiyi-sonyachnymu-panelyamy/>.
31. Кліматичні умови в Миколаєві. URL: <https://hikersbay.com/climate-conditions/ukraine/mykolayiv/klimatichni-umovi-v-mikolayiv.html?lang=ua>
32. Колесник Є.С. Розрахунок енергоспоживання при опаленні житлового будинку згідно з методологією європейських стандартів. *Будівництво. Матеріалознавство. Машинобудування. Серія: Створення високотехнологічних екокомплексів в Україні на основі концепції збалансованого (стійкого) розвитку*. 2014. Вип. 75. С. 97–101.
33. Компанія ABWEHR UKRAINE. URL: <https://abwehr.com.ua/catalog/skladskaprograma-vhidni-dveri-z-termorozrivom-model-ufo-kolir-ral-7016-antracit-bilakomplektaciya-cottage/p1000>.
34. Лісенко В.А., Суханов В.Г., Закорчемний Ю.О., Верьовкіна С.Є. Архітектурно-конструктивні енергоефективні оболонки будівель та споруд. Одеса: Видавництво «Optimum», 2015. 254 с.
35. Літвак О.А. Особливості вентиляційної системи пасивних будинків. *Green construction (Зелене будівництво): матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції*, Київ, 16-17 квітня 2024 р. Київ: КНУБА, 2024. С. 123-125.

					101.2277ст.07.КР	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

36. Літвак С.М., Валов Д.С. Складові забезпечення енергоефективності та енергозбереження при будівництві сучасних житлових будівель. *Проблеми екології та енергозбереження* : матеріали ХІІІ Міжнародної науково-технічної конференції, 21-22 вересня 2023 р. Миколаїв : Видавець Торубара В.В., 2023. С. 106–110.
37. Максимов А.С., Вахович І.В., Бойко В.О. Підвищення енергоефективності об'єктів ЖКГ: монографія. Київ: ЦК «Компринт». 2015.
38. Матеріали для облицювання фасаду, їх плюси та мінуси. URL: <https://profikarkas.com.ua/uk/usefularticle/75-vyibiraem-materialyi-i-tsveta-narujnoy-otdelki#part5>.
39. Методи оцінки енергетично-екологічних показників будинків індивідуальної забудови / М.А. Саницький, У.Д. Марущак, Р. Секрет, М. Вуйцікевич, В.В. Гоц. *Міжвідомчий науково-технічний збірник “Будівельні конструкції”*. Київ.: НДІБК, 2013. Вип. 77. С. 323-327.
40. Моноблочний тепловий насос зі змінною потужністю NIBE F2120-16 400 В. URL: <https://nibe.ua/modification/nibe-f2120-16-400>.
41. Національний план дій з енергоефективності на період 2030 року. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 29.12.2021 р. № 1803-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1803-2021-%D1%80#Text>.
42. Огляд енергетичного сектору України. Інституції, управління та політичні засади. OECD, 2019. URL: <https://oe.cd/energy-sector-reform-ukraine> (дата звернення: 04.10.2023).
43. Пасивні будинки: секрети збереження енергії. 2018. URL: <https://z500.com.ua/ua/sekret-passivehouse-.html>.
44. Припливно-витяжна вентиляція. Приклад проекту. URL: <https://akvilonpro.ua/ua/ingenierie-proektu/inzhenernyie-proekti/proyekt-pritochno-vytyazhnoy-ventilyatsii-primer.html>.
45. Припливно-витяжна установка Вентс ВУТ 350 В1Б ЕС А14. URL: <https://vencon.ua/ua/products/vents-vut-350-v1b-es-a14>.
46. Продукція ISOVER. URL: <https://www.isover.ua/produksiya>.
47. Проектування будинків, інженерних систем і будівництво від компанії AkvilonPro™. URL: <https://akvilonpro.ua/ua/o-kompanii.html>

					101.2277ст.07.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

48. Розрахунок теплового насоса повітря вода. URL: <https://hitachi-ukraine.com.ua/uk/rozrakhunok-teplovogo-nasosa-povitrya.html>.
49. Сонячний модуль Jinko Solar JKM545M-72HL4-(V), 545 Вт (Mono). URL: <https://alteco.in.ua/ua/produkty/sonyachni-batareyi/sonyachni-paneli/sonyachnij-modul-jinko-solar-jkm545m-72hl4-v-545-vt-mono-detail>
50. Спрощений розрахунок сонячних панелей. URL: <https://solarsoul.net/uk/rozrakhunok-sonyachnix-panelej>
51. Стратегія розвитку Миколаївської області на період до 2027 року. Аналітично-описова частина. Миколаївська обласна державна адміністрація. Миколаїв. 2019. 251 с.
52. Тарко О. Серце пасивного будинку: інженерне оснащення. URL: <https://profikarkas.com.ua/uk/usefularticle/68-serdtse-passivnogo-doma-injenernoe-osnaschenie>.
53. All zeros. In Harvard, a house with zero energy consumption appeared according to the Snøhetta project. URL: <https://pragmatika.media/en/vse-po-nuljam-v-garvarde-pojavilsja-dom-s-nulevym-potrebleniem-jenergii-po-proektu-snohetta/>.
54. Brown, A. Powering the Future : The Problems and Possibilities of Green Energy. In Sourcebook on Contemporary Controversies. New York : International Debate Education Association. 2010, 259 p.
55. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings. *Official Journal of the European Union*.
56. Directive 2002/91/EC of the European parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings. *Official Journal of the European Communities*. 2003. p. 65 – 71
57. Directive 2012/27/EU of the European parliament and of the council of 25 October 2012 on the energy performance of buildings. *Official Journal of the European Communities*. 2012, L315.
58. Passive House requirements. Passive House Institute. URL: https://passivehouse.com/02_informations/02_passive-house-requirements/02_passive-house-requirements.htm
59. Schulz P. Nemecek, J. Buildings and the Environment. In Environmental Science, Engineering and Technology Series. New York : Nova Science Publishers. 2009, 309 p.