

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: **Створення енергетично незалежного будинку шляхом автоматизації роботи його енергетичних систем та використання відновлюваних джерел енергії.**

Виконав(ла): студент(ка) VI курсу, групи ЕТм-61
спеціальності 141

Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

	_____	Михалюк І.М.
	<small>(підпис)</small>	<small>(прізвище та ініціали)</small>
Керівник	_____	Зінь М.М.
	<small>(підпис)</small>	<small>(прізвище та ініціали)</small>
Нормо-контроль	_____	Вакуленко О. О.
	<small>(підпис)</small>	<small>(прізвище та ініціали)</small>
Завідувач кафедри	_____	Тарасенко М. Г.
	<small>(підпис)</small>	<small>(прізвище та ініціали)</small>
Рецензент	_____	Микулик П.М.
	<small>(підпис)</small>	<small>(прізвище та ініціали)</small>

Тернопіль
2022

РЕФЕРАТ

Михалюк І.М. Створення енергетично незалежного будинку шляхом автоматизації роботи його енергетичних систем з використанням відновлюваних джерел енергії. 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕТм-61. – Тернопіль: ТНТУ, 2022.

Стор. - 80; рис. - 33; табл. - 20; креслень - 5; джерел - 26; додатків - .

У дипломній роботі було спроектовано та розраховано будинок.

Здійснено вибір та розрахунок систем освітлення і силових споживачів.

Розраховано та вибрано захист даних споживачів із дотриманням норм.

Розроблена комфортна електрощитова для даних груп споживачів, що відповідає норма.

За вибраним методом для визначення тепловитрат будинку було здійснено розрахунок зовнішніх вертикальних та горизонтальних огорожень. Розроблено аксонометричну схему наплювальної установки із показанням її у 3Д вигляді та вибір джерела теплової енергії.

Проведено аналіз та розписаний принцип роботи датчиків та плат керування, згідно який було створено макет автоматизованої системи будинку.

Приведено принцип дії та переваги і недоліки автоматизованої системи будинку.

Ключові слова: ЕЛЕКТРИЧНА МЕРЕЖА, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА, ТЕПЛОВИТРАТИ, ВІДНОВАЛЬНІ СИСТЕМИ ЕНЕРГІЇ.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Загальні відомості та інформація про проєктовану оселю	8
1.2 Вибір та аналіз електрообладнання для забезпечення електро- енергією будівлі.....	12
1.3 Аналіз та вибір опалювальної системи для будинку	15
1.4 Система автоматизації будинку	18
1.5 Висновки до розділу	20
2 РОЗРАХУНКОВО–ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ	21
2.1 Розрахунок внутрішнього та зовнішнього освітлення.....	21
2.2 Вибір провідників та автоматики захисту для освітлення.....	23
2.3 Розрахунок силових споживачів, вибір автоматики захисту і кабелів.....	26
2.4 Розрахунок відновлювальних джерел енергії та прибуток.....	27
2.5 Розрахунок тепловитрат зовнішніх, горизонтальних та вертикальних огорожень.....	31
2.6 Знаходження необхідної кількості секцій радіатора.....	41
2.7 Розрахунок трубопроводів системи опалення.....	43
2.8 Висновки до розділу.....	46
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	47
3.1 Проектування кімнат та будинку в 3D вигляді.....	47
3.2 Розробка електрощитової для оселі.....	51
3.3 Розташування сонячної електростанції.....	58

3.4 Розміщення трубопроводів та розробка аксонометричної схеми системи опалення.....	58
3.5 Побудова системи автоматизації будинку.....	61
3.6 Веб інтерфейс панелі керування.....	63
3.7 Принцип роботи та загальна схема автоматизації будинку.....	65
3.8 Висновки до розділу	68
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	69
4.1 Заходи з електробезпеки.....	69
4.2 Заходи протипожежної безпеки.....	72
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	75
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	77

ВСТУП

У 21-му столітті немає такої людини, яка б не хотіла зекономити свій капітал. Кожен похід до магазину зменшує сімейний бюджет, а коли доводиться оплачувати комунальні послуги, то люди, буває, дивуються, за що ж такі кошти. Вони ж мало користуються електроплиткою, мікрохвильовою піччю, мало дивляться телевізор тощо. Але платити все одно доводиться, навіть якщо не зрозуміло, за що. А коли приходить зима і розпочинається опалювальний сезон, то прогризається велика яма у сімейному бюджеті.

Також нікого не дивує те, що електроенергія у місті не завжди буває якісною. Виникають завжди перебої, зникнення електропостачання на декілька годин, навіть днів, аварії на лініях і т. п. Взяти до прикладу ремонти на лініях, через які людям приходится сидіти без постачання електроенергії годинами, днями. З такими наслідками холодильники починають розмерзатись і всі харчові продукти стають непридатними для вживання. Мабуть, всім відоме зникнення електроживлення внаслідок якогось незрозумілого перебою, а й буває навіть таке, що напруга у розетці перевищує номінальну удвічі. Але тут уже наслідки стають катастрофічними. Одне і те ж питання звучить в голові: «За що ми платимо кошти?».

Ось і я задумався, як можна не лише не витратити кошти на комунальні послуги, а й повністю відмовитись від них, у тому числі від енергозалежності.

Мета роботи: з'ясувати, чи можливо відмовитись від послуг місцевої електропостачальної компанії і якщо так, то створити проект повністю енергетично автономного будинку, який використовує відновлювані джерела енергії, а також розробити АСУ всіма його енергетичними та іншими (які стосуються безпеки тощо) системами.

Відповідно до вказаної мети поставимо наступні **задачі**:

- Розроблення надійної та простої електрощитової;

- Розрахунок сонячної електростанції та прибутку від продажу електроенергії;
- Розрахунок капіталовкладень на встановлення сонячної електростанції;
- Визначення чистого доходу з продажу електроенергії, яку буде виробляти сонячна електростанція;
- Розроблення системи автоматизації будинку;
- Визначення тепловтрат будинку протягом опалювального періоду та розрахунок системи його опалення.

Об’єкт дослідження – енергетично незалежний житловий будинок з сучасними цифровими засобами автоматизації його енергосистем на базі мікроконтролера Arduino.

Предмет дослідження – системи генерування та споживання енергії у будинку на базі відновлюваних джерел і автоматизована система управління, яка контролює і забезпечує максимальну енергоефективність їх функціонування.

Наукова новизна отриманих результатів. Набули подальшого розвитку розрахунок та проектування енергонезалежних будинків з бюджетною системою автоматизації їх енергосистем на базі доступних комплектуючих і матеріалів, які представлені на вітчизняному ринку.

Практичне значення отриманих результатів. Запропоновано цікаві та оригінальні технічні рішення щодо створення енергонезалежного житлового будинку з системою автоматизації всіх його енергосистем, які дають змогу більш ефективно використовувати енергоресурси і внаслідок цього зменшувати витрати коштів на оплату комунальних послуг.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Загальні відомості та інформація про проєктовану оселю

При будівництві будь-яких будівель заздалегідь продумують місцевість, розташування споруди й кімнат, зовнішній вигляд і т.п. У деяких випадках люди не задумуються, як буде побудована будівля чи стріха і фактично про майбутнє вдосконалення їх та подальшу економію. Все це тісно пов'язано з незацікавленістю простих споживачів до новітніх технологій або думають, що це зовсім їм не потрібно. Але мешканці будинку дуже сильно помиляються, коли настає час і вони хочуть краще і комфортніше проживати у своїй оселі.

До прикладу, взяти електроцит. Коли навіть проста, але водночас продумана електрощитова може врятувати й зберегти життя не тільки собі, а й своїм близьким. Особливо дітям, які змалку дізнаються про щось нове і намагаються перевірити це, й подивитись, чи дійсно так станеться чи це просто лякання дорослих. До наочного випадку можна привести, коли вони металеві предмети (цвяхи, ножиці тощо) впирають у розетки, щоб дізнатися, чи станеться вибух, чи ні. Це стає дуже небезпечно, бо дитина може покалічитись і стати інвалідом на все життя, а в гіршому випадку позбавитись життя. Навіть така звичайна і наочна ситуація дає привід задуматись про подальше вдосконалення своєї оселі. І таких прикладів з такими ситуаціями – безліч.

У нинішньому світі економія й автоматизація енергоносіїв відіграє велику роль. Ми завжди хочемо мати все і в ту ж мить платити менше, хочемо комфортно та зручно проживати у своїй оселі. Але щоб до такого дійти, потрібно частину свого капіталу вкласти у цю справу і так, щоб інвестиція не була марною.

Ідея незалежного будинку давно користується зацікавленістю серед споживачів. У простих громадян, коли чують слова «Автономний будинок», на перший план виходить «автономність». [1] Слово привабливе і цікаве. Якщо підібрати до цього слова синонім «незалежність», тоді виникають питання:

- Чи дійсно такі існують?

- Реально його побудувати?
- Які затрати потрібні для цього?
- Чим відрізняється незалежний будинок від стандартного?
- Які він має переваги та недоліки?

Розберімося та проаналізуємо літературу, що існує на просторах інтернету, бібліотек та інших джерелах інформації. Візьмемо інформацію з інтернет посилання [1] та відповімо на декілька питань. Отже, якщо аналізувати звичайний будинок, який постійно можемо побачити на вулицях міст та сіл, потрібно оцінити системи його життєзабезпечення:

- Електропостачання (РЕМ);
- Газопостачання (Облгаз);
- Водопостачання та каналізація (Водоканал, тощо).

На рахунок водопостачання та каналізації, ці питання зазвичай вирішуються шляхом буріння свердловин та установки септиків, тому заглиблюватись не будемо. Природний газ зазвичай використовують для обігріву будинку, нагріву гарячої води та приготування їжі. Електропостачання – для роботи всіх інших електроприладів (у деяких випадках і для опалення). В сучасному світі електропостачання – дуже актуальна тема і тому відіграє велику роль. Щодо звичайного стандартного будинку, то тут все просто і зрозуміло.

Перейдемо тепер до енергетично незалежного будинку, подивимось на плюси та мінуси.

Плюси:

- Дешева електроенергія;
- Комфорт (більшість електрообладнання працює в автоматичному режимі);
- Зниження шкідливого впливу на навколишнє середовище;
- Зниження вартості утримання домогосподарства.

Мінуси:

- Висока плата за підключення та встановлення електрообладнання;

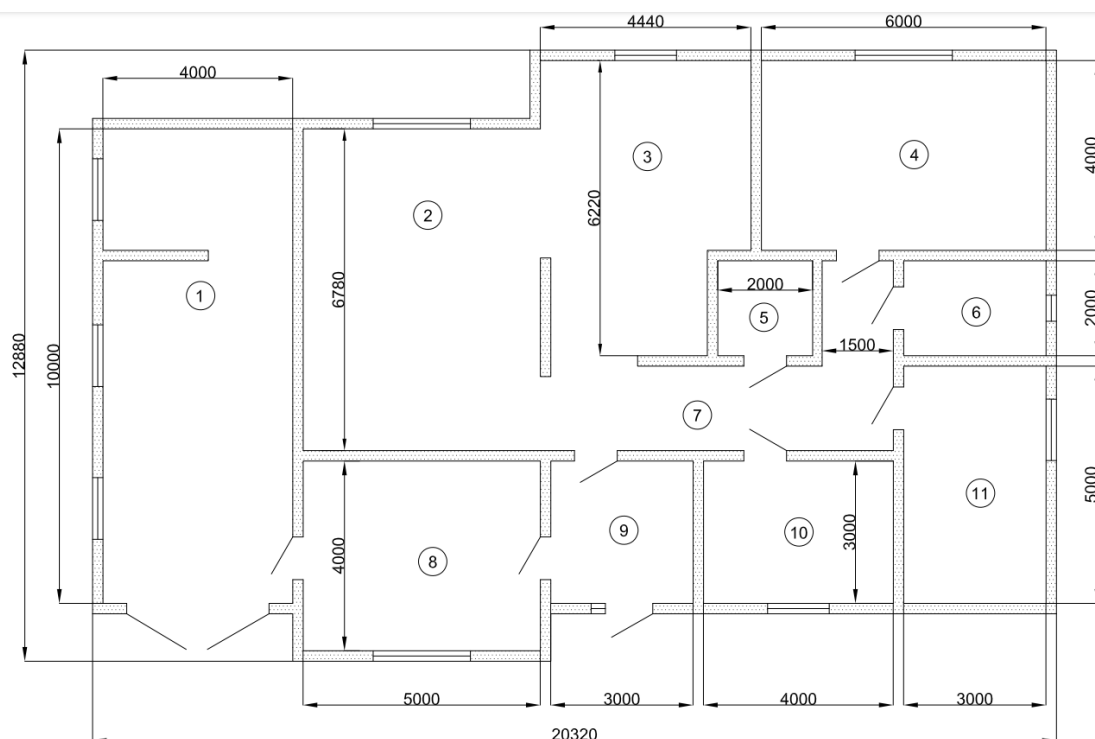
До комплексу обладнання для енергетично автономного будинку входить наступне [2]: сонячні батареї; тепловий насос; акумулятори тепла та електроенергії; утилізатор стоків; баки для гарячої води; теплі підлоги; система «розумного будинку» або її аналоги.

Перейдемо до будівництва автономного будинку. Під час будівництва будинку насамперед необхідно підібрати та уточнити деяку інформацію про ділянку, на якій відбуватиметься будівництво. За приклад візьмемо ділянку у селищі міського типу Високі Гаї Тернопільської області [3]. Згідно з даними від власника ділянки маємо наступне: загальну площу ділянки – 18 ар, на ділянці присутні підземні води, звідки слідує, що для водопостачання будинку потрібно виконати буріння свердловини або викопати криницю. Щодо вирішення питання каналізації, то потрібно робити септик, так як місцева каналізація відсутня. Можемо зробити висновок, що оплата за водопостачання буде відсутня, а для каналізації потрібно буде замовляти послугу очистки стоків. Загальний вигляд ділянки показано на рис. 1.1.

Згідно з виданим завданням ми маємо розміри та загальний план будинку. Загальна площа будинку згідно з планом складає 205,7 м². План будинку спроектовано у програмі AutoCad та показано на рис. 1.2.



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд земельної ділянки у смт. Високі Гаї



1 – гараж; 2 – вітальня; 3 – кухня; 4 – спальня; 5 – туалет; 6 – душова; 7 – коридор;
8 – складова; 9 – тамбур; 10 – дитяча 1; 11 – дитяча 2;

Рисунок 1.2 – Загальний вигляд плану будинку згідно завдання

У завданні до магістерської роботи вказано матеріал стін – СІП-панель. Історія СІП-панелей розпочалася ще на початку минулого століття, а точніше у 1935 році у Сполучених штатах Америки, у Лабораторії лісової промисловості у місті Медісон, де була створена перша концепція СІП [4]. Співробітники лабораторії вважали, що листи фанери можуть прийняти на себе більшу частину навантаження, яке йде на стіну будинку. Перша СІП-панель була створена з двох листів фанери та теплоізоляційного прошарку всередині. На сьогоднішній день товщина стін з СІП-панелей складає від 120 до 220 мм. Більше інформації можна дізнатись у літературі «Будівництво малоповерхових швидкоспорудних, енергозберігаючих житлових будинків з СІП-панелей» [5]. Зовнішній вигляд СІП-панелей представлено на рис. 1.3.



Рисунок 1.4 – Зовнішній вигляд СІП панелі

1.2 Вибір та аналіз електрообладнання для забезпечення електроенергією будівлі

Електропостачання будинків відіграє дуже важливу роль. Якщо подивитись на сучасний світ, то більшість обладнання, і навіть деякі сучасні автомобілі працюють завдяки електроенергії.

Все більше і більше захоплюють наше життя відновлювані джерела енергії, що використовуються як для реалізації підприємницької діяльності, так і для енергопостачання промислових і побутових споживачів. Здебільшого під час установки систем енергопостачання на базі відновлювальних джерел енергії споживачі хочуть економити кошти на оплаті за комунальні послуги або стати енергонезалежними. Але, зіткнувшись з вибором пристроїв, які використовують відновлювальні енергоджерела, і з цінами на них, відразу ж полишають свої мрії про економію.

Розглянемо сонячні електростанції, які набувають все більшу популярність серед населення [6]. Вони доволі легко монтуються і не займають лишнього місця у випадку установки їх на стріхах будинків. Але не на кожен дах можна встановити сонячну станцію. Причинами цього можуть бути форма, орієнтація, нахил стріхи й т.п. Люди під час будівництва споруд здебільшого навіть не

здумуються над такими факторами. Але всі вони відіграють важливу роль, коли настає час економити.

На нинішній момент існують два різновиди сонячних панелей [6], а саме монокристалічні та полікристалічні. Який вид краще вибрати, нумо розбиратись.

Ці два різновиди мають як свої переваги, так і недоліки. Візьмемо монокристалічну сонячну панель. До її переваг можна віднести:

- високі показники продуктивності роботи завдяки використанню кращого технологічного процесу очищення кремнію;
- може виробляти енергію навіть у випадку недостатньої освітленості, у хмарну погоду і навіть уночі;
- великий термін експлуатації, приблизно 25 – 30 років.

Найбільшим недоліком таких сонячних панелей є їхня вартість: вони значно дорожчі у порівнянні з полікристалічними.

У полікристалічних панелей, навпаки, низька вартість є найважливішою перевагою. Але вони мають більше недоліків, ніж монокристалічні, а саме:

- у порівнянні з монокристалічними панелями вони мають нижчий показник продуктивності – він приблизно дорівнює 14 – 18 %; це через те, у таких панелях технологічний процес очищення кремнію від домішок менш досконалий;
- внаслідок того, що вони менш ефективні, їхню кількість потрібно збільшувати; а це негативно позначається на просторі, який вони займають;
- мають менший діапазон робочих температур, тому у випадку виходу за його межі це негативно позначається на терміні їх експлуатації.

Виходячи з недоліків і переваг цих двох видів панелей, можемо зробити висновок, що у нашому випадку з технічної точки зору кращими будуть монокристалічні панелі, але капіталовкладень потрібно буде робити більше. Зовнішній вигляд монокристалічних сонячних панелей показаний на рис. 1.4.



Рисунок 1.4 – Зовнішній вигляд монокристалічних сонячних панелей

Для керування електроенергією, яку виробляє сонячна електростанція, потрібно встановити інвертор. Інвертор – це пристрій, який перетворює постійну напругу, що виробляють сонячні панелі, у змінну для живлення електроприладів у нашому будинку. Їх є декілька видів [7].

Різновиди інверторів:

- мережевого типу (ON-GRID);
- автономного типу (OFF-GRID);
- гібридні (поєднання мережевого та автономного інвертора).

Для початку необхідно визначитись, який тип інвертора нам необхідний і які задачі ми ставимо для сонячної станції. Мережевий тип використовується суто для продажу всієї електроенергії, яку виробляють сонячні панелі, державі. Автономний тип призначений лише для автономної роботи електроприладів, функції продажу залишку електроенергії немає. А ось гібридний має таку функцію, тому, що він поєднує у собі як мережевий інвертор, так і автономний.

Отже, з посеред цих трьох типів виберемо мережевий інвертор, тому що вся вироблена електроенергія буде продаватися державі за пільговим «зеленим» тарифом з метою одержання прибутку. Далі в магістерській роботі визначимо, чи зможе цей прибуток покривати наші витрати на комунальні послуги з

електропостачання. Зовнішній вигляд мережевих інверторів показано на рис. 1.5.



Рисунок 1.5 – Зовнішній вигляд мережевих інверторів різни виробників

1.3 Аналіз та вибір опалювальної системи для будинку

В сучасних реаліях існує декілька способів опалення будинку, таких як [8]:

- водяне опалення;
- повітряне опалення;
- конвекторне опалення;
- система «тепла підлога»;
- опалення інфрачервоними обігрівачами.

Водяне опалення можна назвати класичним через те, що воно найбільш використовуване та популярне серед населення. Основними складовими частинами такої системи опалення є: котел (газовий, електричний, твердопаливний та інші); трубопровід та батареї (біметалеві, сталеві, чавунні, алюмінієві та ін.).

У повітряному опаленні основним теплоносієм є повітря. Терморегуляція відбувається внаслідок надходження повітря безпосередньо у приміщення. У даній системі опалення немає печей, великогабаритних установок та радіаторів. Основним джерелом тепла є теплогенератор. Теплогенератори бувають двох типів – мобільні та стаціонарні. Також їх поділяють за видом палива, яке вони споживають.

Конвектори – прості в управлінні та доволі ефективні. Вони використовуються без будь яких додаткових пристроїв. Єдиною умовою для їхньої нормально роботи є наявність постійного та безперебійного підключення до електромережі. Недоліки такого способу опалення:

- повітря, що нагрівається за їхньою допомогою, швидко остигає, тому конвектору доводиться дуже часто вмикатися задля підтримання комфортної температури у приміщенні;
- високе споживання електроенергії;
- повітря, яке знаходиться у приміщенні, висушується;
- спалюється кисень;
- температура повітря, що знаходиться біля підлоги чи посередині приміщення, нижча, ніж біля стелі.

Система «тепла підлога» – це система, що використовується у сучасних квартирах і будинках. Вона встановлюється у підлогове перекриття, тим самим забезпечуючи обігрівання приміщення. Часто її використовують в якості основного джерела обігрівання приміщень. Але краще її використовувати паралельно з додатковими системами опалення, які вказані вище. Таку систему опалення називають ще акумулятором тепла, через те, що тепла підлога не відразу остигає, а протягом декількох (орієнтовно 8) годин. І, відповідно, протягом такого ж проміжку часу вона нагрівається до заданої робочої температури (приблизно 40 °C).

Система опалення інфрачервоними обігрівачами стала однією з найбільш популярних видів приладів, що опалюють приміщення. Основним параметром даної системи опалення є довжина хвилі. Випромінювання хвиль великої довжини має негативний вплив на організм людини [8]. З огляду цього для приміщень, де постійно перебувають люди, варто вибирати обігрівачі, що працюють з меншими довжинами хвиль.

Отже, після аналізування систем опалювання можемо зробити висновок, що будемо встановлювати класичну систему опалення, яка найбільш часто використовується у побуті, а саме – водяне опалення з електричним насосом та

біметалевими радіаторами. За додаткову систему виберемо систему «тепла підлога». Загальний вигляд теплового насоса та біметалевих радіаторів показано на рис. 1.6 та 1.7.

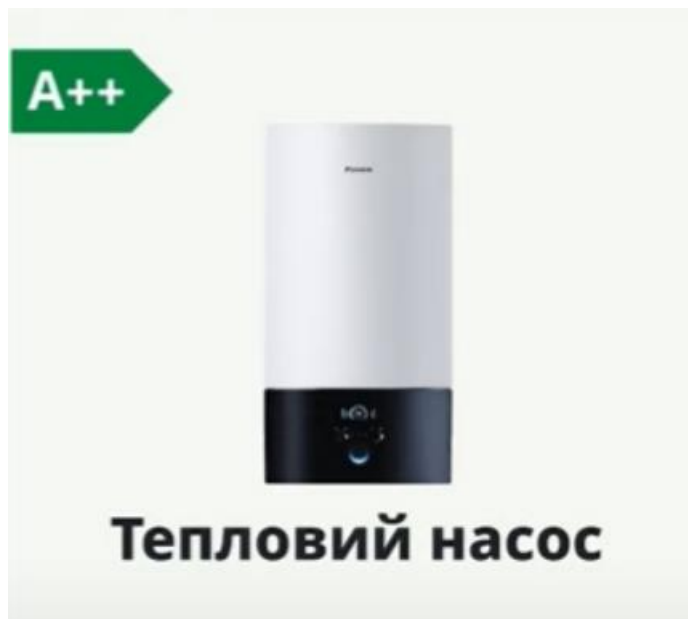


Рисунок 1.6 – Зовнішній вигляд теплового насоса



Рисунок 1.7 – Зовнішній вигляд біметалевого радіатора

1.4 Система автоматизації будинку

Набагато дешевшими, але у переважній більшості випадків не менш надійними й ефективними аналогами професійних систем автоматизації [9] є системи з категорії «зробити власноруч». Найголовнішою перевагою даної

категорії є дешевизна обладнання. Її мінусом є інколи нижча якість і надійність її комплектуючих у порівнянні з комерційними продуктами та відсутність гарантії на них і технічної підтримки. Крім того, щоб облаштувати таку систему, потрібно мати певні навички й розуміння в електроніці, а саме:

- розуміння принципів управління різними електричними приладами;
- розуміння принципів роботи систем автоматизації будинку (знати типи контролерів, типи сигналів, способи підключення пристроїв до контролерів тощо);
- навички у програмуванні та чітке розуміння алгоритмів бажаної системи;
- мати певні знання про обладнання, яке буде використовуватися.

Системи з категорії «зробити власноруч» здебільшого використовують широко відомий мікроконтролер Arduino або мінікомп'ютер Raspberry Pi. Під час створення системи автоматизації будинку вибір падає саме на них завдяки їх відкритості, доступності та низькій вартості.

Мінікомп'ютер Raspberry Pi має всі риси, які притаманні настільному комп'ютеру загального використання. Raspberry Pi має у своїй будові такі пристрої як центральний і графічний процесор, постійну й оперативну пам'ять, відеовихід для підключення екрану та USB порти. На рис. 1.8 і 1.9 представлені загальні вигляди мінікомп'ютера Raspberry Pi й плати мікроконтролера Arduino.

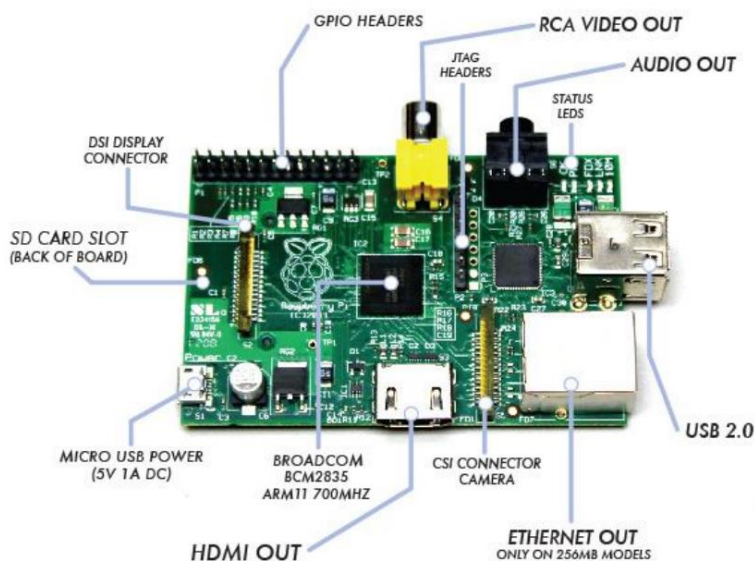


Рисунок 1.8 – Мінікомп'ютер Raspberry Pi

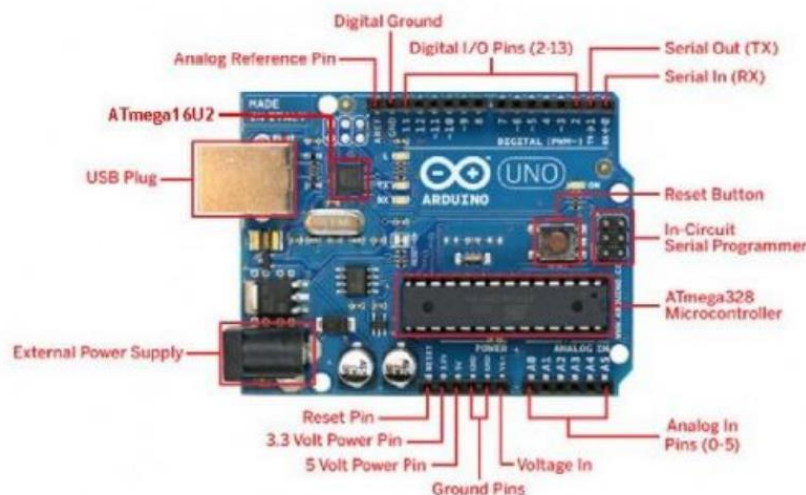


Рисунок 1.9 – Плата на базі мікроконтролера Arduino

На відміну від сімейства мінікомп'ютерів Raspberry, на Arduino не передбачено ніяких операційних систем, і тому на даній платі може використовуватися і виконуватися лише одна програма. Але це не є мінусом і це також не означає, що керувати безліччю завдань на Arduino неможливо. Просто для цього необхідний зовсім інший підхід до написання коду для певної програми.

1.5 Висновки до розділу

Розглянуто актуальну тему щодо будівництва автономного (енергетично незалежного) будинку з аналоговою системою «Розумний будинок». Проаналізовано літературну інформацію, згідно з якою було поставлено задачі, які необхідно вирішити, а саме:

- які будуть загальні тепловитрати будівлі, яка виготовлена за технологією СП-панелей?;
- розрахунок системи опалення для автономного будинку;
- визначення загальної електричної потужності, яка буде генеруватися за допомогою сонячних панелей;
- знаходження терміну окупності сонячної електростанції;

- розрахунок загального прибутку від продажу електроенергії, яку буде виробляти сонячна електростанція;
- чи зможе цей прибуток (пункт вище) покривати платежі за комунальні послуги з електропостачання;
- розроблення якісної та надійної електрощитової;
- розроблення аналогової системи автоматизації будинку.

Проаналізовано та вибрано ділянку для будівництва будівлі. В якості прикладу вибрано ділянку, що знаходиться у Тернопільській області [3].

Для сонячної електростанції вибрано монокристалічні [6] сонячні панелі. Для перетворення виробленої ними електроенергії у змінний струм промислової частоти вибрано мережевий інвертор [7].

Розглянуто різні види систем опалення та вибрано найзручнішу з них, а саме класичну водяну систему. У якості додаткової системи опалення обрано технологію «тепла підлога».

Запропонований аналог системи: «Розумного будинку».

2 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розрахунок внутрішнього та зовнішнього освітлення

Згідно плану будинку (див. рис. 1.2) та знаходженні загальних площ приміщень (див. табл. 3.1), розраховуємо освітленість, яка необхідна для кожної з кімнат. Для цього вибираємо тип, марку, потужність, дизайн світильника. Всі ці дані можна подивитись на сайті або каталозі виробника. Також можна подивитись в інтернет магазинах, при купівлі світильників надається паспорт в якому вказується характеристика, а також параметри вказуються на упаковці світильника. Всі дані світильників, що вибрали зведемо в таблицю 2.1.

Табл. 2.1 – Характеристика світильників

Назва світильника	Світловий потік, Лм	Потужність, Вт	Напруга, В	Колірна температура, К	Струм, А
Luminaria IP44 NLR-22W	1870	22	220	5000	0,10
IEK ДСП 1310 LED	2880	36		4000	0,16
iGuzzini iWay	350	4,9		3000	0,02
iGuzzini Platea	400	5,2		3000	0,02

Для визначення загального світлового потоку, який необхідний для конкретного приміщення, нам необхідний коефіцієнт запасу. Даний коефіцієнт прямо пропорційний висоті, тобто чим більша висота приміщення, тим більший коефіцієнт запасу. Оскільки у нас стандартна висота 2,8 м, то він буде рівний 1,2. Якщо висота приміщень була б більшою, до прикладу у гаражі, то відповідно і коефіцієнт мав би інше значення. Також для розрахунків нам знадобляться норми освітленості. Вони приведені у табл. 2.2, взяті з ДБН В.2.5-28:2018 «Природне та штучне освітлення» [10].

Для прикладу розрахуємо спальну кімнату (див. рис. 1.2, № 4). Знаходимо загальний світловий потік, який потрібен для освітлення:

$$\Phi_{\text{прим.}} = S_n \cdot K_3 \cdot E = 24 \cdot 1,2 \cdot 150 = 4320 \text{ [Лм]}; \quad (2.1)$$

де, S_n – площа приміщення;

K_3 – коефіцієнт запасу;

E – норми освітленості, взяті з ДБН [13].

Відповідно, щоб знайти кількість світильників для спальної кімнати скористаємося формулою:

$$n = \frac{\Phi_{\text{прим.}}}{\Phi_{\text{л.}}} = \frac{4320}{1870} = 2,31 \approx 2 \text{ [шт]}. \quad (2.2)$$

Де, $\Phi_{\text{л.}}$ – світловий потік лампи;

$\Phi_{\text{прим.}}$ – загальний світловий потік приміщення.

Табл. 2.2 – Знайдені дані приміщень

Назва приміщень	Номер на плані	Площа, м2	Загальний світловий потік	Кількість ламп	Загальна потужність, Вт	Струм світильників
Гараж	1	40	24000	8	288	1,31
Вітальня	2	33,9	6102	3	66	0,3
Кухня	3	25,6	4608	3	66	0,3
Спальня	4	24	4320	2	44	0,2
Туалет	5	4	240	1	22	0,1
Ванна	6	6	360	1	22	0,1
Коридор	7	16,2	972	3	66	0,3
Складова	8	20	7200	4	88	0,4
Тамбур	9	9	540	1	22	0,1
Дитяча 1	10	12	2880	2	44	0,2
Дитяча 2	11	15	3600	2	44	0,2
Всього		205,7	-	30	772	3,51

Отже, для того, щоб досягти норму освітлення 150 Лк в спальній кімнаті, потрібно близько 2 ламп Luminaria IP44 NLR-22W. Аналогічно виконуємо розрахунок для інших приміщень та зведемо їх у табл. 2.2.

Маємо загальну кількість ламп 30 шт, для освітлення приміщення в будинку. Але в наявності є зовнішнє освітлення, тобто освітлення вхідної двері, гаражних воріт і стежки. Загальна кількість складає 7 шт.

2.2 Вибір провідників та автоматики захисту для освітлення

Наступний крок буде вибір автоматичних вимикачів та проводів. Для вибору кабелів, нам потрібно знайти сумарний струм, який будуть споживати світильники. Зазвичай у паспорті світильника вказується його номінальний струм, але у нашому випадку не вказано. Тому скористаємось формулою 2.3 для знаходження номінального струму одного світильника. Для прикладу візьмемо світильники, які встановлені в гаражі (див. рис. 1.2, № 1) та виберемо автоматичний вимикач та провід живлення.

Знаходимо номінальний струм світильника ІЕК ДСП 1310 LED:

$$I_{ном.св.} = \frac{P_{св.}}{U_{м.}} = \frac{36}{220} = 0,16 \text{ [A]}; \quad (2.3)$$

Де: $P_{св.}$ – номінальна потужність світильника;

$U_{м.}$ – номінальна мережева напруга (220 В).

Отже, маємо номінальний струм одного світильника, який становить 0,16 А. Звідси знаходимо сумарний струм і він буде становити:

$$I_{заг.св.} = I_{ном.св.} \cdot n = 0,16 \cdot 8 = 1,31 \text{ [A]}; \quad (2.4)$$

Де: $I_{ном.св.}$ – номінальний струм світильника (формула 2.3);

n – кількість світильників (див. табл. 2.3).

Згідно з ПУЄ (Правила Улаштування Електроустановок) розділом 1.3, таблиця 1.3.4 [11], вибираємо кабель, з мідною жилою та поперечним січенням 0,75 мм². Який розрахований на 11 А. Це в достач для наших світильників.

З цього слідує, що для захисту даної лінії світильників, з сумарним струмом 1,31 А і кабелем з січенням 0,75 мм² потрібен автоматичний вимикач типу: ВА-47-1А 1Р 220В. Аналогічним образом розраховуємо інші кімнати будинку та зовнішнього освітлення. Зведемо розрахунок в табл. 2.5, але вказуємо

загальний автоматичний вимикач, який буде захищати всю групу внутрішнього освітлення, та окремий автоматичний вимикач для зовнішнього освітлення.

Вибір кабелю здійснюють за деякими умовами, а саме:

- тип ізоляції;
- кількість струмопровідних жил;
- січення кабелю;
- форма кабелю.

Для нашого варіанту вибрав кабель типу ВВГ. Даний кабель має струмопровідні жили, які виготовлені з міді та ізоляцію з ПВХ пластику. Також форма провідника – плоска, що забезпечить нам зручність його монтажу в кабель каналі та дозволить більше укомплектувати кабелів в пластиковому коробі. Зовнішній вигляд кабелю представлений на рис. 2.1.



Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд кабелю типу ВВГ

У нашому випадку для живлення освітлення, провід був вибраний одножильним січенням $0,75 \text{ мм}^2$. В самому кабелі знаходиться 3 провідники для фази, нуля і заземлення. Повністю запис кабелю виглядатиме так: ВВГ–3х0,75.

Для захисту провідників, які живлять світильники вибрали автоматичний вимикач. Автоматичні вимикачі є самі популярні та надійні засоби захисту лінії від коротких замикань.

Автоматичні вимикачі вибирав згідно загальних струмів світильників та зі стандартного ряду струмів. У нашому випадку автоматичні вимикачі марки

Schneider Electric. Вибрав однополюсний вимикач тому, що не бачу ніякого сенсу переплачувати за двополюсний, який вимикає і нульовий провідник.

Табл. 2.3 – Результати розрахунку освітлення, вибір кабелю та апаратів захисту

№ п/п	Назва приміщень	Кількість ламп	Сумарна потужність ламп, Вт	Сумарний струм світильників, А	Тип кабелю	Січення кабелю, мм ²	Тип автоматичного вимикача	Номінальний струм автоматичного вимикача, А
1. Будинок								
1	Вітальня	8	288	1,31	ВВГ	3×0,75	ВА-47 1P 220В	4
2	Гараж	3	66	0,3				
3	Дитяча	3	66	0,3				
4	Дитяча	2	44	0,2				
5	Душова	1	22	0,1				
6	Коридор	1	22	0,1				
7	Кухня	3	66	0,3				
8	Складова	4	88	0,4				
9	Спальня	1	22	0,1				
10	Тамбур	2	44	0,2				
11	Туалет	2	44	0,2				
Всього		30	772	3,51				
2. Зовнішнє освітлення								
11	Гаражні ворота	2	10,4	0,05	ВВГ	3×0,75	ВА-47 1P 220В	1
12	Вхідні двері	1	5,2	0,02				
13	Стежина	4	19,6	0,9				
Всього		7	35,2	0,16				

При виборі двополюсного, матимемо доволі габаритний електрощит, за який переплатимо кошти. Тому для захисту лінії вистачить однополюсного автоматичного вимикача.

2.3 Розрахунок силових споживачів, вибір автоматики захисту і кабелів

В сучасному світі ніхто не може представити свого життя без побутової техніки, гаджетів, садової техніки, верстатів і т. п. Техніка дуже сильно спрощує наше життя і робить його найбільш комфортнішим.

Взяти до прикладу, пральну машинку, яка дуже сильно спрощує процес прання білизни на відмінну від ручного прання. З кожним виходом нової техніки, виробники додають нові функції, роблять її більш економічною, тобто вони мають найвищий рівень по збереженні електроенергії, новий дизайн і т. п. Техніка заповнила наше життя і з кожним роком її стає все більше і більше.

Для нашого наступного кроку потрібно визначитись, які споживачі будуть знаходитись в нашому будинку. Після визначення нам потрібно розділити їх на два типи, а саме: постійної роботи та тимчасової. Тобто до постійної роботи можна віднести: холодильник, морозильну камеру тому, що вони зберігають наші харчові продукти від зіпсування. Якщо їх відключити від електромережі, то провізію можна викинути в смітник.

До тимчасових віднесемо: блендер, міксер, м'ясорубка, болгарка, порошок і т. п. Тому, що вони підключаються до електричної мережі у випадку, коли потрібно виконати певну роботу.

Обрання автоматичних вимикачів та кабелів живлення аналогічний з вибором захисту для освітлення, який представлений вище. Всі дані відбору заносимо в табл. 2.4, але показуємо тільки ті пристрої, які мають велику потужність.

2.4 Розрахунок відновлювальний джерел енергії та прибуток

Після визначення кращого виду сонячної панелі в розділі 1, перейдемо до розрахунків. Розрахуємо кількість сонячних панелей, які можна встановити на нашій проєктований будинок. Для початку зведемо в табл. 2.5 характеристику сонячної панелі.

При установці сонячних панелей необхідно визначитись з місцем розташуванням і орієнтацією панелі. Так як, сонячні батареї можливо

встановлювати як на даху будинку, так і на спеціальній металевій конструкції біля будівлі, прибудовах або полях. Орієнтацію батареї вибирають після того, як стане відоме місце установки сонячних батарей. У нашому випадку місце розташування та установка сонячної електростанції відбуватиметься на даху будинку.

Отже, щоб з економити місце під розташування сонячної електростанції, кращим вибором буде горизонтальне розміщення панелей. При горизонтальному розміщенні кількість сонячних панелей вздовж довжини стріхи збільшиться, при вертикальному розміщенні – зменшиться.

Також можна встановити трекери сонячного світла для того, щоб сонячні панелі змінювали своє положення відносно сонця. Але це дуже б'є по фінансам і потрібно змінювати конструкцію кріплення сонячних панелей та місце розташування. Тому ми відмовимось від даної функції.

Згідно з закону України максимальна потужність сонячної електростанції, яку можна встановити для домашнього господарства становить 30 кВт. Але не для усіх споживачів така потужність доступна тому, що виділена потужність електростанції не повинна перевищувати потужності, яку надає РЕМ. Ця потужність вказується у договорі, який споживач підписує з РЕМ. Так як даний будинок буде будуватися, тому в договорі можна вказати максимальну потужність даної сонячної електростанції.

Якщо ситуація була б іншою, тобто будинок побудований і договір був укладений раніше, то згідно даної домовленості потужність, що встановив РЕМ відповідатиме номінальній потужності сонячної електростанції.

Отже, загальна кількість сонячних панелей розрахуємо за формулою:

$$n_n = \frac{P_{в.н.}}{P_n} = \frac{30000}{475} \approx 63 [шт]; \quad (2.5)$$

Де, $P_{в.н.}$ – максимальна потужність, яку виділив РЕМ;

P_n – номінальна потужність сонячної панелі.

Табл. 2.4 – Силові споживачі електричної енергії постійної дії

№ п/п	Назва приладу	Номінальна потужність, Вт	Номінальний струм, А	Кількість	Сумарна потужність, Вт	Марка та січення кабелю живлення для одного споживача, мм ²	Тип автоматичного вимикача
1	Бойлер	2000	9,09	2	4000	ВВГ-3х1,5	ВА-47-10А
2	Електропіч	1800	8,18	1	1800	ВВГ-3х1,5	ВА-47-10А
3	Настільна плита	6000	27,27	1	6000	ВВГ-3х6	ВА-47-32А
4	Кондиціонер	2200	10	1	2200	ВВГ-3х1,5	ВА-47-12А
5	Посудомийна машина	900	4,09	1	900	ВВГ-3х1,5	ВА-47-6А
6	Пральна машина	730	3,31	1	730	ВВГ-3х1,5	ВА-47-4А
7	Свердловинний насос	600	2,73	1	600	ВВГ-3х1,5	ВА-47-3А

Таблиця 2.5 – Характеристика сонячної батареї

Марка	Модель	Довжина, мм	Ширина, мм	Номінальна потужність, Вт	Тип	ККД, %	Струм короткого замикання, А	Струм, при макс. потужності	Ціна, грн
SunPower	P3-475-UUP	2066	1160	475	Моно-кристалічна	19,8	11,45	10,71	10260

Що в свою чергу буде дорівнювати 63-ом сонячним панелям з номінальною потужністю 30 кВт.

Наступним кроком нам потрібно дізнатись під яким кутом будуть встановлені сонячні панелі. Так як нам відомо, що сонячні панелі будуть встановлюватись на стріху будинку, згідно цього дізнаємось під яким кутом спроектована криша. Наший будинок має 2 скатну кришу. Це видно з рис. 3.2 та 3.3. Ліва частина стріхи має 20 градусів нахилу, а права – 25. У зв'язку з цим частина сонячних панелей (48 шт) буде встановлено під кутом 20 градусів, а інша – 25 (15 шт).

Так як маємо кут нахилу заходимо на сайт: «Калькулятор сонячної станції» [12]. На даному інтернет посиланні розраховуємо потужність, яка генерується сонячними панелями протягом року. Сонячні панелі, які встановлені на лівій частині криші (48 шт) генеруватимуть: 24309 кВт·год за рік. Для правої частини (15 шт сонячних панелей) генеруватимуть: 7711 кВт·год.

Згідно отриманих даних отримаємо загальну потужність енергії, що генерується протягом року. Додавши ліву та праву частину отримали 32020 кВт·год.

Згідно з законом України «Зелений тариф» на 2022 рік становить 0,163 євро/кВт-год (без ПДВ). Переведемо євро в грн і отримаємо 6,31 грн/кВт-год.

Отже, можемо дізнатись прибуток, який отримаємо за рік експлуатації сонячної станції:

$$P_{p1} = \tau_{z.m.} \cdot E_{p1} = 6,31 \cdot 32020 = 202046,2 \text{ [грн]} \quad (2.6)$$

Де: $\tau_{z.m.}$ – розмір «Зеленого Тарифу» на 2022 рік;

E_{p1} – вироблена електроенергія за 1 рік

Прибуток становить: 202045,2 грн за рік.

Візьмемо, що у будинку проживає сім'я з 4 людей. Встановлені норми по споживанню електроенергії такі [10]: якщо встановлена електроплита, так як у нашому випадку, то середнє споживання за місяць становить 110 кВт·год. Також на кожного члена сім'ї додається по 30 кВт·год. Тоді згідно цих даних маємо загальне споживання сім'ї з 4 людей протягом 1 місяця: 200 кВт·год. Тоді розрахуємо їхнє споживання за рік та визначимо прибуток, який буде приносити сонячна станція з таким споживанням. Матимемо:

$$E_{p2} = 12 \cdot E_{cн.p} = 12 \cdot 200 = 2400 \text{ [кВт·год]} \quad (2.7)$$

Де: 12 – кількість місяців за 1 рік;

$E_{cн.p}$ – споживання електроенергії за 1 місяць

Маємо 2400 кВт·год за рік, тоді затрати на оплату електроенергії за рік:

$$Z_p = \tau_m \cdot E_{p2} = 1,44 \cdot 2400 = 3456 \text{ [грн]} \quad (2.8)$$

Де: τ_m – тариф за електроенергію, що не перевищує 250 кВт·год;

E_{p2} – споживання електроенергії за рік (див. формулу 2.7);

Отже, прибуток з урахуванням затрат на оплату електроенергії становить:

$$P_{p2} = P_{p1} - Z_p = 202046,2 - 3456 = 198590,2 \text{ [грн]} \quad (2.9)$$

Де: P_{p1} – чистий прибуток з сонячних панелей (див. формулу 2.6);

Z_p – затрати на оплату (див. формулу 2.8);

2.5 Розрахунок тепловитрат зовнішніх, горизонтальних та вертикальних огорожень

Згідно 1 розділу стіни виготовлені за технологією SIP-панелей. [5] Товщина даної стіни 220 мм, отже така товщина стіни дозволяє замінити повноцінну стіну з цегли розміром до 175 см, через те, що SIP панель має коефіцієнт теплопровідності, який рівний 0,037–0,042 Вт/(м·К). Порівняно з цеглою, яка має – 0,7 Вт/(м·К).

Даний коефіцієнт дуже важливий, через те, що чим менша теплопровідність тим менше енергії витратиметься на обігрів будинку і відповідно менше витрат на енергоносії. В середньому витрати на опалювання будинку з SIP панелей в 6-8 разів менше ніж на опалювання звичайних будинків (дерев'яних або цегляних з утепленням).

Для початку зробимо умовний поперечний розріз даної SIP панелі та покажем на рис. 2.7.

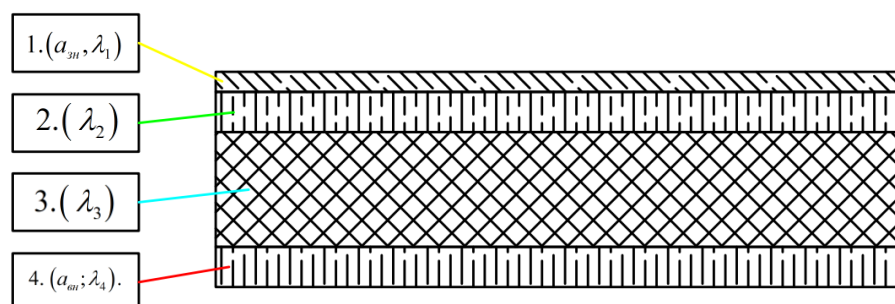


Рисунок 2.7 – Поперечний розріз зовнішньої стіни

1. Фасадна дошка: $\lambda_1 = 0,08 \frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$; $\delta_1 = 20 мм$;
2. Орієнтовано-стружкова плита (ОСП): $\lambda_2 = 0,15 \frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$; $\delta_2 = 10 мм$;
3. Екструдований пінополістирол: $\lambda_3 = 0,028 \frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$; $\delta_3 = 200 мм$;
4. Орієнтовано-стружкова плита (ОСП): $\lambda_4 = 0,15 \frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$; $\delta_4 = 10 мм$.

Де: λ_{1-4} – коефіцієнт теплопровідності матеріалу;

δ_{1-4} – товщина матеріалу.

Визначимо опір теплопередачі зовнішньої стіни згідно з рисунка 2.2:

$$R_0 = \frac{1}{a_{\text{зн}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{a_{\text{вн}}} = \frac{1}{a_{\text{зн}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{\delta_{\text{вн}}}{a_{\text{вн}}} \left[\frac{м^2 \cdot ^\circ C}{Вт} \right]; \quad (2.10)$$

$$R_0 = \frac{1}{23} + \frac{0,02}{0,08} + \frac{0,01}{0,15} + \frac{0,2}{0,028} + \frac{0,01}{0,15} + \frac{1}{8,7} = 7,685 \left[\frac{м^2 \cdot ^\circ C}{Вт} \right]. \quad (2.11)$$

Коефіцієнт теплопередачі зовнішньої стіни:

$$k = \frac{1}{R_0} = \frac{1}{7,685} = 0,13 \left[\frac{Вт}{м^2 \cdot ^\circ C} \right]. \quad (2.12)$$

За формулою 2.11 ми дізнались, що опір зовнішньої стіни, що виготовлена за технологією СП, рівний: $7,685 \frac{м^2 \cdot ^\circ C}{Вт}$. Згідно ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» [14], даний опір достатній і тому додаткового утеплення не потрібно.

За такою ж методикою розраховуємо горизонтальні перекриття, тобто нижнє і верхнє.

Визначимо опір теплопередачі нижнього перекриття згідно з рис. 2,8:

$$R_0 = \frac{1}{a_{\text{зн}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{a_{\text{вн}}} = \frac{1}{a_{\text{зн}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{\delta_5}{\lambda_5} + \frac{\delta_{\text{вн}}}{a_{\text{вн}}} \left[\frac{м^2 \cdot ^\circ C}{Вт} \right]; \quad (2.13)$$

$$R_0 = \frac{1}{23} + \frac{0,01}{0,15} + \frac{0,005}{0,037} + \frac{0,01}{0,15} + \frac{0,2}{0,028} + \frac{0,01}{0,15} + \frac{1}{8,7} = 7,636 \left[\frac{м^2 \cdot ^\circ C}{Вт} \right]. \quad (2.14)$$

Коефіцієнт теплопередачі нижнього перекриття:

$$k = \frac{1}{R_0} = \frac{1}{7,636} = 0,131 \left[\frac{Вт}{м^2 \cdot ^\circ C} \right]. \quad (2.15)$$

Згідно з ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» [14], опір теплопередачі нижнього перекриття повинен бути рівний: $5 \frac{м^2 \cdot ^\circ C}{Вт}$. З формули 2.14 опір нижнього перекриття вийшов $7,636 \frac{м^2 \cdot ^\circ C}{Вт}$, що є більшим за вказаний, тому дане перекриття відповідає нормам.

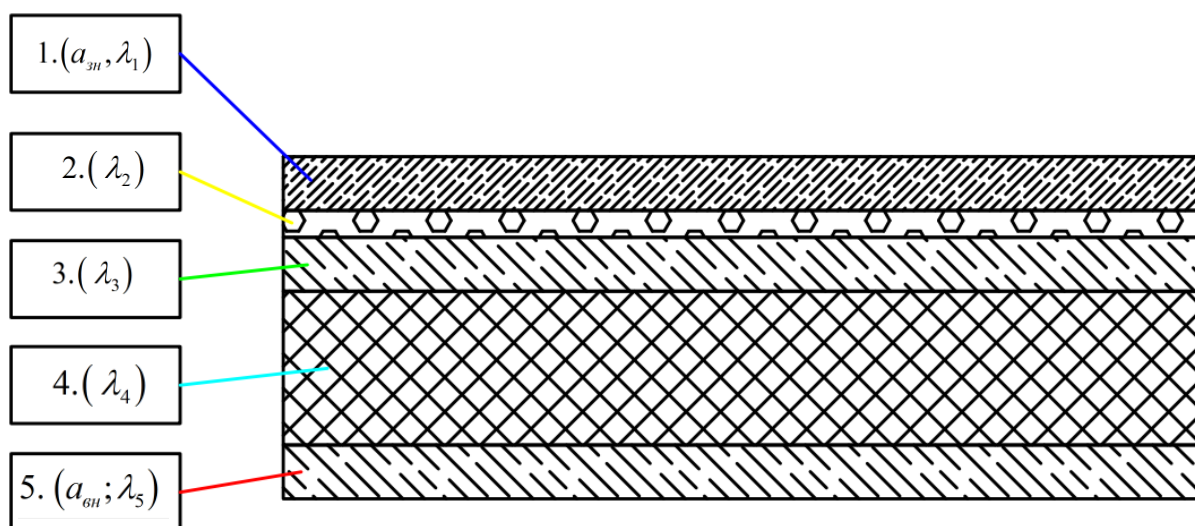


Рисунок 2.8 – Поперечний розріз нижнього перекриття

1. Ламінат: $\lambda_1 = 0,15 \frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$; $\delta_1 = 10 мм$;
2. Амортизуюча підкладка: $\lambda_2 = 0,037 \frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$; $\delta_2 = 5 мм$;
3. Орієнтовано-стружкова плита (ОСП): $\lambda_3 = 0,15 \frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$; $\delta_3 = 10 мм$;
4. Екструдований пінополістирол: $\lambda_4 = 0,028 \frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$; $\delta_4 = 200 мм$;
5. Орієнтовано-стружкова плита (ОСП): $\lambda_5 = 0,15 \frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$; $\delta_5 = 10 мм$.

Де: λ_{1-5} – коефіцієнт теплопровідності матеріалу;

δ_{1-5} – товщина матеріалу.

Визначимо опір теплопередачі верхнього перекриття згідно з рис. 2.9:

$$R_0 = \frac{1}{a_{\text{зн}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{a_{\text{ен}}} = \frac{1}{a_{\text{зн}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_{\text{ен}}}{a_{\text{ен}}} \left[\frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Втм}} \right]; \quad (2.16)$$

$$R_0 = \frac{1}{12} + \frac{0,01}{0,15} + \frac{0,2}{0,028} + \frac{0,01}{0,15} + \frac{1}{8,7} = 7,474 \left[\frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Втм}} \right]. \quad (2.17)$$

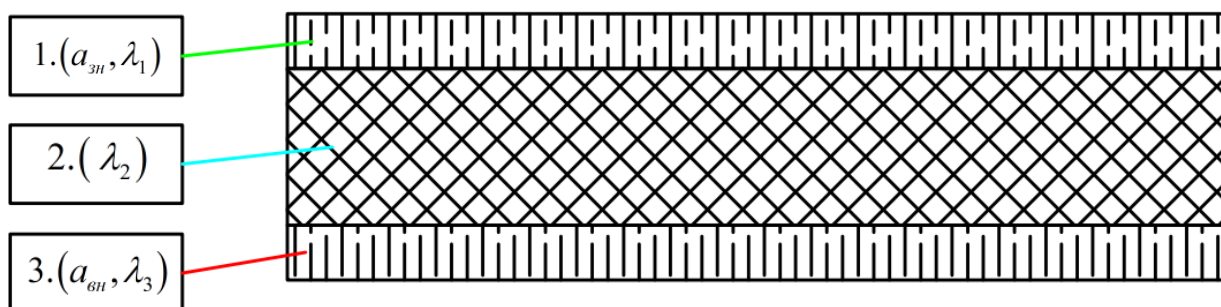


Рисунок 2.9 – Поперечний розріз верхнього перекриття

1. Орієнтовано-стружкова плита (ОСП): $\lambda_1 = 0,15 \frac{\text{Втм}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$; $\delta_1 = 10 \text{мм}$;
2. Екструдований пінополістирол: $\lambda_2 = 0,028 \frac{\text{Втм}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$; $\delta_2 = 200 \text{мм}$;
3. Орієнтовано-стружкова плита (ОСП): $\lambda_3 = 0,15 \frac{\text{Втм}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$; $\delta_3 = 10 \text{мм}$;

Де: λ_{1-3} – коефіцієнт теплопровідності матеріалу;

δ_{1-3} – товщина матеріалу.

Коефіцієнт теплопередачі верхнього перекриття:

$$k = \frac{1}{R_0} = \frac{1}{7,474} = 0,134 \left[\frac{\text{Втм}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}} \right]. \quad (2.18)$$

Згідно з ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» [14] для верхнього перекриття у разі відсутності горища, опір

теплопередачі повинен бути рівний: $7 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$. Наше перекриття відповідає даним нормам тому, що є більшим за вказане.

Вікна взяті металопластикові з двома енергозберігаючими склами від компанії: Vinkaroff. Маркування даного вікна: 4i-10-4M1-10-4i.

де: 4 – товщина скла мм.;

10 – дистанційна рамка (відстань між склом).;

4i – товщина енергозберігаючого скла мм.;

i – енергозберігаюче скло з м'яким покриттям

Газовий склад поміж камер склопакета: 25 % – Криптон та 75 % – Аргон.

Термічний опір теплопередачі даного вікна рівний: $R = 1,28 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$. Коефіцієнт

теплопередачі даного вікна рівний: $k = 0,781 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$.

Двері встановлені сталеві з утепленням в середині. Коефіцієнт теплопередачі подвійних дверей рівний: $k = 0,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$

В гаражі встановлені гаражні ворота від фірми TREND. Вони мають хорошу теплоізоляцію. Коефіцієнт даний воріт складає: $k = 0,74 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$.

Наступний нашій крок полягає у визначенні втрат тепла окремими приміщеннями і будинком в цілому. Для цього нам необхідно мати: план та розріз будинку з усіма будівельними розмірами, конструкції всіх зовнішніх огорожень та позначення сторін горизонту. Всі приміщення, що опалюються, позначаю порядковими номерами від 1 до 11. Приміщення нумерую зліва направо. Номери представляю на кресленні в центрі приміщення у кружечку, показано на рис.1.2.

Візьмемо за приклад розрахунок спальню кімнату. Кімната показана на рис. 1.2, номер на плані 4. Розміри спальної кімнати вказані у таблиці 3.1.

Визначаємо площі зовнішніх стін, вікон, нижнього та верхнього перекриття згідно формули:

$$F = a \cdot b \text{ [m}^2\text{]}; \quad (2.19)$$

Де a – довжина, м;

b – висота або ширина, м.

Отже, згідно формули 1.2 площі будуть рівні:

$$\begin{aligned} F_{nm/nl} &= 4 \cdot 6 = 24 \text{ [m}^2\text{]}; \\ F_{zc} &= 4 \cdot 2,8 = 11,2 \text{ [m}^2\text{]}; \\ F_{zc.6} &= 6 \cdot 2,8 - (2,05 \cdot 1,4) = 13,93 \text{ [m}^2\text{]}; \\ F_6 &= 2,05 \cdot 1,4 = 2,87 \text{ [m}^2\text{]}; \end{aligned} \quad (2.20)$$

Де: $F_{nm/nl}$ – площа верхнього та нижнього перекриття;

F_{zc} – площа зовнішньої стіни;

$F_{zc.6}$ – площа зовнішньої стіни з установленим вікном;

F_6 – площа металопластикового вікна.

Розрахункова температура повітря у приміщенні буде рівна: $t_6 = 18 \text{ }^\circ\text{C}$; а температура зовнішнього повітря: $t_3 = -20 \text{ }^\circ\text{C}$. Розраховуємо основні втрати тепла в приміщенні згідно формули:

$$Q = F \cdot k \cdot (t_6 - t_3) \text{ [Вт]}; \quad (2.21)$$

Де: F – площа перекриття, вікна, стін;

k – коефіцієнт теплопровідності перекриття, вікна, стін;

t_6 – температура в середині приміщення;

t_3 – зовнішня температура.

З формули 1.2 матимемо:

$$\begin{aligned} Q_{nl} &= 24 \cdot 0,131 \cdot 38 = 119,472 \text{ [Вт]}; \\ Q_{nm} &= 24 \cdot 0,134 \cdot 38 = 12,208 \text{ [Вт]}; \\ Q_{zc} &= 11,2 \cdot 0,13 \cdot 38 = 55,328 \text{ [Вт]}; \\ Q_{zc.6} &= 13,93 \cdot 0,13 \cdot 38 = 68,814 \text{ [Вт]}; \\ Q_6 &= 2,87 \cdot 0,781 \cdot 38 = 85,18 \text{ [Вт]}; \end{aligned} \quad (2.22)$$

Отже, сумарні втрати тепла спальної кімнати будуть рівні: 341 Вт. З додаванням додаткових втрат приміщення, що вказані в табл. 2.6, матимемо загальні втрати тепла спальної кімнати – 459,5 Вт.

Аналогічно виконуємо розрахунок для всіх кімнат, що опалюються. Зведемо розрахунок у табл. 2.6. В кінці таблиці розрахуємо сумарні втрати всього будинку.

У табл. 2.6 маємо колонку позначення. Їхнє розшифрування таке: *zc* – зовнішня стіна; *pd* – подвійній двері; *v* – вікно; *nt* – стеля; *nl* – підлога; *gv* – гаражні ворота.

Отже, згідно всіх розрахунків з табл. 2.6, загальні втрати тепла всього будинку будуть становити: 3670,8 Вт.

Таблиця 2.6 – Теплові втрати приміщень

№ приміщення	Призначення приміщення	Внутрішня температура t_v , °C	Поверхня охолодження:				Різниця температур $t_b - t_s$, °C	Коефіцієнт поправки n	Коефіцієнт теплопередачі k , Вт/(м ² ·°C)	Основні втрати тепла Q , Вт	Добавки до основних втрат тепла, %:			Всього додаткових втрат Q_d , Вт	Загальні втрати тепла ΣQ , Вт	
			позначення	орієнтація до сторони горизонту	розрахункові розміри $a \times b$, м	площа F , м ²					на орієнтацію	на інфільтрацію	інші			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1	Гараж	20	зс	пн	4x2,8	11,2	40		0,13	58,2	10	5		8,7	67	
			зс	сх	10x2,8	25			0,13	130	10			19,5	149,5	
			зс	пд	4x2,8	5,2			0,13	27	-			1,4	28,4	
			гв	пд	3x2	6			0,74	177,6	-			8,9	186,5	
			в	сх	1,3x0,78	3,04			0,781	95	10			14,2	109,2	
			пт	-	10x4	40			0,75	0,134	160,8		-		8,0	168,8
			пл	-	10x4	40				0,131	209,6		-		10,5	220,1
Всього по приміщенню														929,5		
2	Вітальня	21	зс	пн	5x2,8	11,1	39		0,13	56,3	10	5		8,4	64,7	
			в	пн	2,05x1,4	2,87			0,781	87,4	10			13,1	100,5	
			пт	-	5x6,78	33,9			0,75	0,134	132,9		-		6,6	139,5
			пл	-	5x6,78	33,9				0,131	173,2		-		8,7	181,9
Всього по приміщенню														486,6		
3	Кухня	21	зс	пн	4,44x2,8	10,6	39		0,13	53,7	10	5		8,1	61,8	
			зс	сх	1,22x2,8	3,42			0,13	17,3	10			2,6	19,9	
			в	пн	1,3x1,4	1,82			0,781	55,4	10			8,3	63,8	
			пт	-	4,44x6,2	25,6			0,75	0,134	100,3		-		5,0	105,4
			пл	-	4,44x6,2	25,6				0,131	130,8		-		6,5	137,3
Всього по приміщенню														388,2		

Продовження таблиці 2.6

№ приміщення	Призначення приміщення	Внутрішня температура	Поверхня охолодження:				Різниця температур $t_b - t_s, ^\circ\text{C}$	Коефіцієнт поправки n	Коефіцієнт теплопередачі $k, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	Основні втрати тепла $Q, \text{Вт}$	Добавки до основних втрат тепла, %:			Всього додаткових втрат $Q_{\text{д}}, \text{Вт}$	Загальні втрати тепла $\Sigma Q, \text{Вт}$	
			позначення	орієнтація до сторони горизонту	розрахункові розміри $a \times b, \text{м}$	площа $F, \text{м}^2$					на орієнтацію	на інфільтрацію	інші			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
4	Спальня	18	зс	пн	6x2,8	13,9	38		0,13	68,7	10	5		10,3	79	
			зс	зх	4x2,8	11,2			0,13	55,3	5			5,5	60,9	
			в	пн	2,05x1,4	2,87			0,781	85,2	10			12,8	98	
			пт	-	6x4	24			0,75	0,134	91,7		-		4,6	96,2
			пл	-	6x4	24				0,131	119,5		-		6	125,4
Всього по приміщенню														459,5		
5	Туалет	19	пт	-	2x2	4	39	0,75	0,134	20,9	-	5		1,0	21,9	
			пл	-	2x2	4			0,131	20,4	-			1,0	21,5	
Всього по приміщенню														43,4		
6	Ванна	24	зс	зх	2,8x2	5,17	44		0,13	29,6	5	5		3,0	32,5	
			в	зх	0,6x0,8	0,43			0,781	14,8	5			1,5	16,3	
			пт	-	3x2	6			0,75	0,134	26,5		-		1,3	27,9
			пл	-	3x2	6				0,131	34,6		-		1,7	36,3
Всього по приміщенню														113		
7	Коридор	20	пт	-	4x7,22	16,2	40	0,75	0,134	86,8	-	5		4,3	91,2	
			пл	-	4x7,22	16,2			0,131	84,9	-			4,2	89,1	
Всього по приміщенню														180,3		

Продовження таблиці 2.6

№ приміщення	Призначення приміщення	Внутрішня температура	Поверхня охолодження:				Різниця температур $t_w - t_b$, °C	Коефіцієнт поправки n	Коефіцієнт теплопередачі k , Вт/(м ² ·°C)	Основні втрати тепла Q , Вт	Добавки до основних втрат тепла, %:			Всього додаткових втрат $Q_{д}$, Вт	Загальні втрати тепла ΣQ , Вт	
			позначення	орієнтація до сторони горизонту	розрахункові розміри $a \times b$, м	площа F , м ²					на орієнтацію	на інфільтрацію	інші			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
8	Складова	18	зс	пд	5x2,8	11,1	38		0,13	54,8	-	5		2,7	57,6	
			зс	сх	0,78x2,8	2,18			0,13	10,8	10			1,6	12,4	
			зс	зх	0,78x2,8	2,18			0,13	10,8	5			1,1	11,8	
			в	пд	2,05x1,4	2,87			0,781	85,2	-			4,3	89,4	
			пт	-	5x4	20			0,75	0,134	76,4		-		3,8	80,2
			пл	-	5x4	20				0,131	99,6		-		5,0	104,5
Всього по приміщенню														356		
9	Тамбур	18	зс	пд	3x2,8	5,8	38		0,13	28,7	-	5		1,4	30,1	
			пд	пд	2x1,3	2,6			0,74	73,1	-			3,7	76,8	
			пт	-	3x3	9			0,75	0,134	34,4		-		1,7	36,1
			пл	-	3x3	9				0,131	44,8		-		2,2	47,0
Всього по приміщенню														190		
10	Дитяча 1	18	зс	пд	4x2,8	9,38	38		0,131	46,7	-	5		2,3	49,0	
			в	пд	1,3x1,4	1,82			0,781	54	-			2,7	56,7	
			пт	-	4x3	12			0,75	0,134	45,8		-		2,3	48,1
			пл	-	4x3	12				0,131	59,7		-		3,0	62,7
Всього по приміщенню														216,6		

Продовження таблиці 2.6

№ приміщення	Призначення приміщення	Внутрішня температура	Поверхня охолодження:				Різниця температур $t_b - t_s$, °C	Коефіцієнт поправки n	Коефіцієнт теплопередачі k , Вт/(м ² ·°C)	Основні втрати тепла Q , Вт	Добавки до основних втрат тепла, %:			Всього додаткових втрат $Q_{дл}$, Вт	Загальні втрати тепла ΣQ , Вт
			позначення	орієнтація до сторони горизонту	розрахункові розміри $a \times b$, м	площа F , м ²					на орієнтацію	на інфільтрацію	інші		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
11	Дитяча 2	18	зс	зх	5x2,8	12,2	38		0,13	60,3	5	5		6,0	66,3
			зс	пд	3x2,8	8,4			0,13	41,5	-		2,1	43,6	
			в	зх	1,3x1,4	1,82			0,781	54	5		5,4	59,4	
			пт	-	5x3	15		0,75	0,134	57,3	-		2,9	60,1	
			пл	-	5x3	15			0,131	74,7	-		3,7	78,4	
Всього по приміщенню														307,8	
Загальні втрати тепла всього будинку														3670,8	

2.6 Знаходження необхідної кількості секцій радіатора

Наступним нашим кроком буде вибір радіаторів. Для нашого будинку вибираю сучасний біметалевий радіатор, марки Ekvator 500/80. Він має в своїй будові 10 секцій, кожна по 135 Вт. Опалювальна площа: 15 м². Розміри даного пристрою: 550x76x800 мм. Між осьова відстань рівна – 500 мм. Даний радіатор виготовлений в Україні та його ціна складає 350 грн. Зовнішній вигляд представлений на рис. 1.7.

До прикладу розрахуємо необхідну кількість секцій біметалевого радіатора для опалення спальні (рис. 1.2, номер на плані 4).

Для знаходження кількості секцій радіатора скористаємось формулою:

$$n = \frac{F_{np}}{f} \quad (2.22)$$

Де: f – площа поверхні нагрівання однієї секції.

З формули 1.2 площа поверхні, що опалює прилад рівна:

$$F_{np} = \frac{\sum Q}{k \cdot (t_{cp} - t_{en})} \quad (2.23)$$

Де: $\sum Q$ – сумарні втрати тепла приміщення, табл. 1.16;

k – коефіцієнт теплопередачі біметалевого радіатора при 70 °С,

$$k = 1,36 \frac{Вт}{м^2 \cdot ^\circ C};$$

t_{cp} – середня температура теплоносія у приладі;

t_{en} – внутрішня температура в приміщенні.

Будемо мати:

$$F_{np} = \frac{459,5}{1,36 \cdot (70 - 18)} = 6,5 [м^2]; \quad (2.24)$$

$$n = \frac{6,5}{1,52} = 4,27 \approx 5 [шт] \quad (2.25)$$

При заокругленні числа секцій у радіаторі до цілого числа розрахункову площу поверхні нагрівання можна зменшити не більше, ніж 0,1 м².

Отже, необхідно 4 секції радіатора для опалення спальної кімнати. Таким чином виконуємо розрахунок для інших кімнат та вказуємо результати в табл.

2.7

З табл. 2.7 загальна кількість секцій, яка необхідна для всього будинку – 39 шт. Загальна потужність даних секцій складе: 5265 Вт.

Таблиця 2.7 – Кількість секцій необхідно для кожного приміщення будинку в залежності від загальних втрат тепла.

№ на плані	Назва приміщення	ΣQ , Вт	$F_{пр}$, м ²	n
1	Гараж	929,5	13,7	9
2	Вітальня	486,6	7,0	5
3	Кухня	388,2	5,6	4
4	Спальня	459,5	6,5	5
5	Туалет	43,4	0,6	1
6	Ванна	113,0	1,7	2
7	Коридор	180,3	2,7	2
8	Складова	356,0	5,0	4
9	Тамбур	190,0	2,7	2
10	Дитяча 1	216,6	3,1	2
11	Дитяча 2	307,8	4,4	3
Всього		3670,8	-	39

2.7 Розрахунок трубопроводів системи опалення

Згідно методики розрахунку «Визначення теплотехнічних характеристик будинку та проектування і розрахунок системи його опалення» система опалення приєднана до теплової мережі через циркуляційний насос. Приймемо наявний циркуляційний тиск рівним $p_n = p_n = 10000$ Па (1 м вод. ст.).

Основне циркуляційне кільце (див. аксонометричну схему, рис. 3.16) проходить через найбільш віддалений опалювальний прилад потужністю 608 Вт лівої частини схеми і складається з ділянок 1, 12, 13, 14, 15, 15', 14', 13', 12', 1', загальна довжина яких становить:

$$\sum l = 3,5 + 2,06 + 10,2 + 5,1 + 7,8 + 7,8 + 5,1 + 10,2 + 2,06 + 3,5 = 57,3 [м]; \quad (2.26)$$

Орієнтовна питома втрата тиску на тертя становить:

$$R_{cp} = \frac{0,65 \cdot p}{\sum l} = \frac{0,65 \cdot 10000}{57,3} = 113,4 \left[\frac{Па}{м} \right]; \quad (2.27)$$

де 0,65 – відношення втрат тиску на тертя в трубопроводах до загальних втрат в трубопроводах системи зі штучною циркуляцією, що складається із втрат

До прикладу візьмемо вітальню кімнату (рис. 1.2, № 2). Кількість води, що протікатиме по цій ділянці циркуляційного кільця становитиме:

$$G = \frac{3,6 \cdot Q}{c \cdot (t_s - t_0)} = \frac{3,6 \cdot 675}{4,2 \cdot (90 - 50)} = 16,9 \left[\frac{\text{кг}}{\text{год}} \right] \quad (2.28)$$

де Q – теплове навантаження ділянки трубопроводу, Вт ;

c – середнє значення питомої теплоємності теплоносія (антифриз) в інтервалі температур $t_0 - t_r$, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$;

$(t_0 - t_r)$ – перепад температур води в системі, $^\circ\text{C}$;

3,6 – коефіцієнт переведення Вт в $\frac{\text{кДж}}{\text{год}}$.

В сучасному світі стали використовувати поліпропіленові труби для опалення приміщення будинку та квартир. Ми також будемо використовувати дані труби. Візьмемо поліпропіленові труби, що спаюються спеціальним технічним паяльником для труб. Розміри труб, які візьмемо такі: зовнішній діаметр труби – 25 мм; внутрішній – 16,6 мм.

Знаходимо швидкість руху теплоносія на даній ділянці циркуляційного кільця:

$$\omega = \frac{4 \cdot 10^6 \cdot G}{3600 \cdot \pi \cdot \rho \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 10^6 \cdot 16,9}{3600 \cdot 3,14 \cdot 961,92 \cdot 16,6^2} = 0,023 \left[\frac{\text{м}}{\text{с}} \right] \quad (2.29)$$

де d – внутрішній діаметр трубопроводу, мм;

ρ – густина середовища, що рухається, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;

G – кількість води, що протікає по даній ділянці (формула 2.28).

Втрати тиску на подолання тепла на ділянці трубопроводу з незмінною витратою середовища, що рухається, і незмінним діаметром визначають за формулою:

$$R_m = \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{\omega^2}{2} \cdot \rho \cdot l = \frac{0,027}{16,6} \cdot \frac{0,023^2}{2} \cdot 961,92 \cdot 7,8 = 0,003 [\text{Па}] \quad (2.30)$$

де d – діаметр трубопроводу, мм;

λ – коефіцієнт гідравлічного тертя, величина безрозмірна ($\lambda = 0,027$);

ω – швидкість руху води в трубопроводі (формула 2.29), $\frac{м}{с}$;

ρ – густина середовища, що рухається, $\frac{кг}{м^3}$;

ℓ – довжина ділянки трубопроводу (рис. 3.4), м.

Втрати тиску на подолання місцевих опорів визначають за формулою:

$$Z = \sum \zeta \cdot \frac{\omega^2}{2} \cdot \rho = 2 \cdot \frac{0,023^2}{2} \cdot 961,92 = 6,6 [Па] \quad (2.31)$$

де $\sum \zeta$ – сума коефіцієнтів місцевих опорів на даній ділянці трубопроводу, величина безрозмірна;

$\frac{\omega^2}{2} \cdot \rho$ – динамічний тиск води на даній ділянці трубопроводу, Па.

Всі розрахункові дані заносимо в табл. 2.8.

Таблиця 2.8 – Результати розрахунку трубопроводів системи водяного опалення

За схемою трубопроводу				За попереднім розрахунком						За остаточним розрахунком					
№ ділянки	Теплове навантаження Q, Вт	Витрата теплоносія G, $\frac{\text{кг}}{\text{год}}$	Довжина ділянки ℓ , м	Діаметр d, мм	Швидкість ω , $\frac{\text{м}}{\text{с}}$	Питомі втрати на тертя R, $\frac{\text{Па}}{\text{м}}$	Втрати на тертя $R \cdot \ell$, Па	Сума коефіцієнтів місцевих опорів $\sum \xi$	Втрати тиску в місцевих опорах Z, Па	d	ω	R	$R \cdot \ell$	$\sum \xi$	Z
Головне циркуляційне кільце через нагрівальний прилад першого поверху стояка 5															
1	5265	131,6	3,5	16,6	0,176	0,085	0,30	26	386,1	13,2	0,278	0,266	0,93	26	966
12	2430	60,8	2,06		0,081	0,011	0,02	28	88,6	13,2	0,128	0,033	0,07	28	222
13	1890	47,3	10,2		0,063	0,032	0,32	28	53,6						
14	1215	30,4	5,1		0,041	0,007	0,03	28	22,1						
15	675	16,9	7,8		0,023	0,003	0,02	27	6,6						
15'	675	16,9	7,8		0,022	0,003	0,02	27	6,5						
14'	1215	30,4	5,1		0,040	0,006	0,03	28	21,8						
13'	1890	47,3	10,2		0,062	0,031	0,32	28	52,7						
12'	2430	60,8	2,06		0,080	0,010	0,02	28	87,1	13,2	0,126	0,033	0,07	28	218
1'	5265	131,6	3,5		0,173	0,083	0,29	26	379,8	13,2	0,273	0,262	0,92	26	950
		$\sum \ell = 57,3 \text{ м}$					$\sum R \cdot \ell = 1,39$		$\sum Z = 1104,9$				$\sum R \cdot \ell = 2,75$		$\sum Z = 2519,3$
				$\sum R \cdot \ell + \sum Z = 1,39 + 1104,9 = 1106,32 \text{ Па}$ $\Delta_{\text{зан}} = \frac{10000 - 1106,32}{10000} \cdot 100\% = 88,9\%$ $p_{\text{н}} = 10000 \text{ Па}$ – наявний циркуляційний тиск						$\sum R \cdot \ell + \sum Z = 2,75 + 2519,3 = 2522,04 \text{ Па}$ $\Delta_{\text{зан}} = \frac{10000 - 2522,04}{10000} \cdot 100\% = 74,8\%$					

2.8 Висновки до розділу

В даному розділі було розраховано зовнішнє та внутрішнє освітлення. Загальна потужність зовнішнього освітлення дорівнює – 35 Вт, а внутрішнє – 772 Вт. Проведено розрахунок силових споживачів, які встановлені в будинку.

Для освітлення та силових споживачі обрано кабелі живлення та апарати захисту від коротких замикань та апарати, що реагують на диференційний струм.

Було здійснено розрахунок відновлювальних джерел енергії та знайдено прибуток, що отримується від даної сонячної електростанції протягом року. Знайдено прибуток з урахування затрат на оплату електроенергії. Прибуток, який отримуємо від сонячної електростанції без урахуванням затрат на опалення становить: 198 590,2 грн. за рік. Чистий прибуток, який отримаємо з урахуванням всіх вузлів будинку становить: 179 290,2 грн за рік. Якщо встановлювати двозонний електрولیчильник прибуток буде становить: 182 532,2 грн.

Проведений розрахунок тепловитрат зовнішнього горизонтального та вертикального огорожень. Розраховано тепловитрати вхідних дверей, гаражних воріт та склопакетів. Загальні втрати тепла всього будинку будуть становити: 3670,8 Вт.

Проведений розрахунок кількості секцій радіатора, які необхідні для обігріву кожного з приміщень будинку. Загальна кількість секцій батарей: 39 шт. Проведений розрахунок трубопроводу системи опалення. Загальний запас тиску в трубопроводі становить 74,8%.

3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Проектування кімнат та будинку в 3D вигляді

Чому проектування будинку в 3D вигляді важливо? Тому, що:

- можна наглядно побачити, який зовнішній вигляд матиме будівля;
- можна зробити свій власний інтер'єр кімнат;
- можна розмістити всі комунікації будівлі;
- можна наглядно побачити як проходитиме комунікація в різних кімнатах;
- можна провести симуляцію освітлення і побачити як будуть освітлюватись кімнати, зовнішнє освітлення, гараж і т. п.

Проектування будинку будемо виконувати згідно загального плану, що показаний у розділі 1 на рис.1.2. Проектування відбуватиметься у програмному забезпеченні Blender. Дана програма доволі просто та затрачає менші ресурси нашого комп'ютера порівняно з аналоговими програмними забезпеченнями. При проектуванні будинку обов'язково дотримуємося усіх розмірів, що вказані на плані та розміри СІП-панелей. Стандартні розміри СІП-панелі: 1250мм x 2800мм x 220мм. Якщо цього не робити програма в подальшому може не правильно провести симуляцію освітлення, не дасть змогу встановлення комунікацій будинку, розставити меблі по вашому бажані та тощо.

Для більшої зручності зведемо табл. 3.1 у якій покажемо: назви кімнат, їхні загальні розміри та номери на плані, площі, матеріал стіни та висоту приміщень.

Таблиця 3.1 – Дані про проектний будинок

Назва приміщень	Номер на плані	Висота приміщень	Матеріал стін	Ширина приміщення, м	Довжина приміщення, м	Площа, м ²
Гараж	1	2,8 м	СПП-панелі	10	4	40,0
Вітальня	2			6,78	5	33,9
Кухня	3			6,22	4,44	25,6
Спальня	4			4	6	24,0
Туалет	5			2	2	4,0
Ванна	6			2	3	6,0
Коридор	7			4	7,22	16,2
Складова	8			4	5	20,0
Тамбур	9			3	3	9,0
Дитяча 1	10			3	4	12,0
Дитяча 2	11			5	3	15,0
Загальна площа						205,7

Отже, після дотримання таких умов, які вказані вище, в результаті маємо зовнішній 3D вигляд стін будинку. Даний вигляд показаний на рис. 3.1

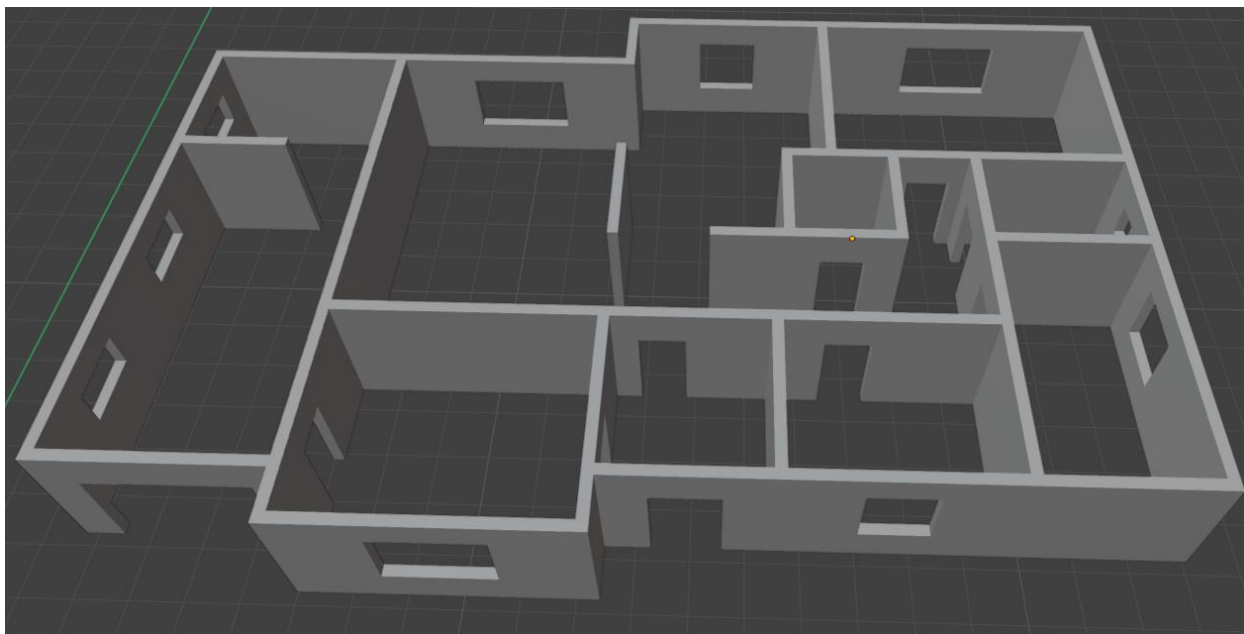


Рисунок 3.1 – 3D вигляд плану будинку в програмі Blender

Наступний етапом у проектуванні будинку є установка підлоги, стелі та стріхи. Загальний вигляд всього будинку показаний на рис. 3.2 та 3.3.

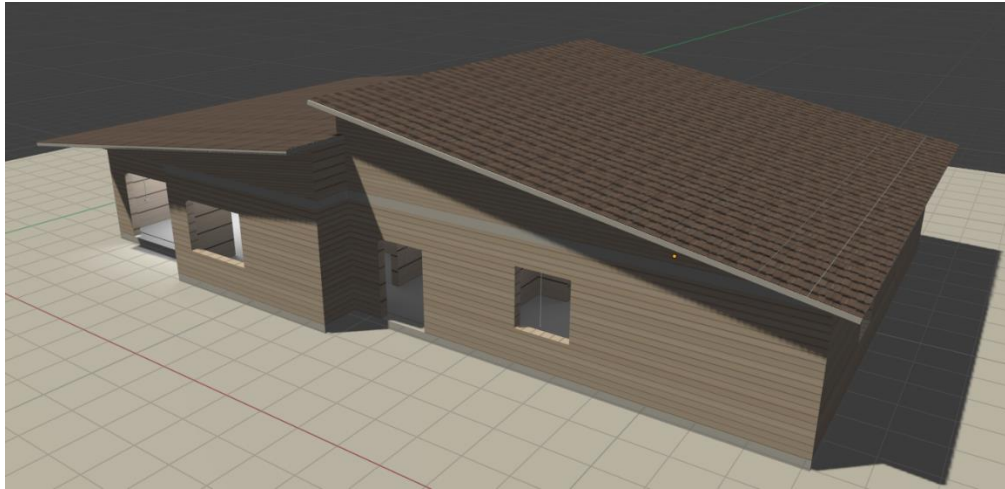


Рисунок 3.2 – 3D вид хатини без вікон та дверей

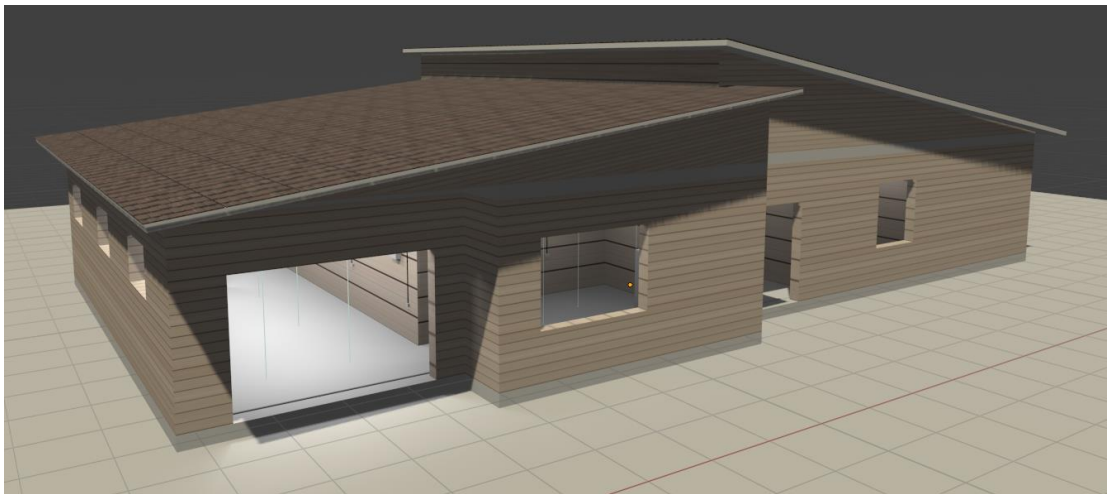


Рисунок 3.3 – 3D вигляд будинку з іншого ракурсу

Згідно рис. 3.2 та 3.3 видно, що будинок фасад будинку зроблений з фасадної дошки, а стріха з гнучкої бітумної черепиці.

Згідно плану (див. рис. 1.2) та розрахунків освітленості в 2 розділі пункті 2.2 проектуємо в AutoCad план на якому вказуємо місце розташування світильників. Та за допомогою програми Blender проведемо симуляцію

освітлення, на якій наглядно побачим, як освітлюються кімнати будинку. Покажемо результати на рис. 3.4 та 3.5 відповідно.

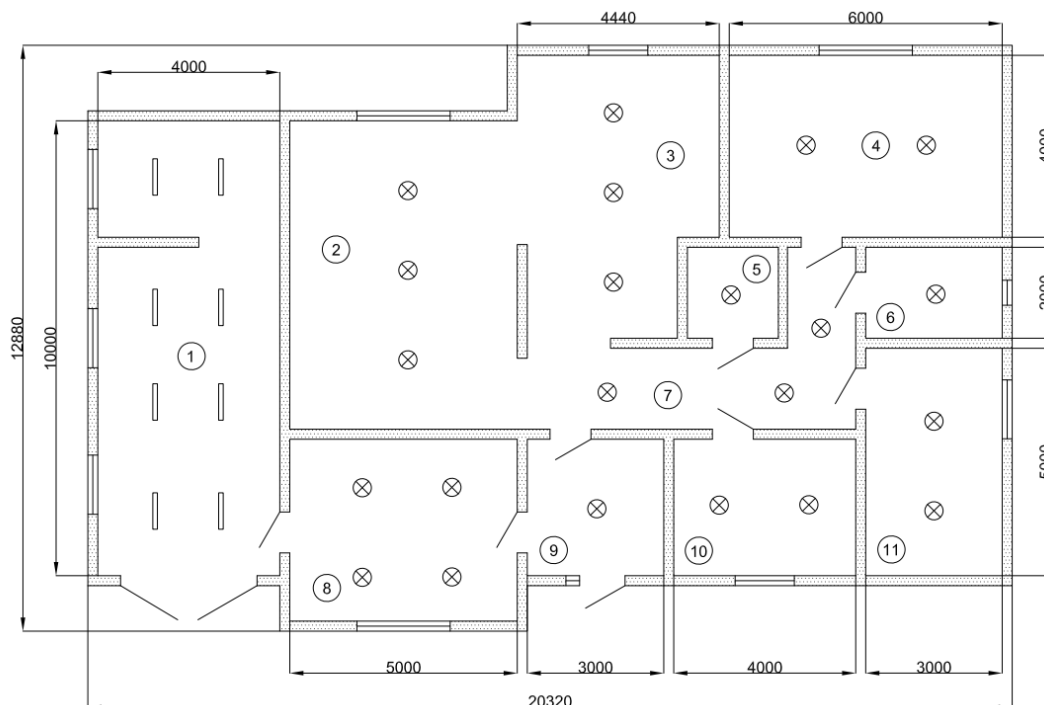


Рисунок 3.4 – Розташування світильників на плані будинку

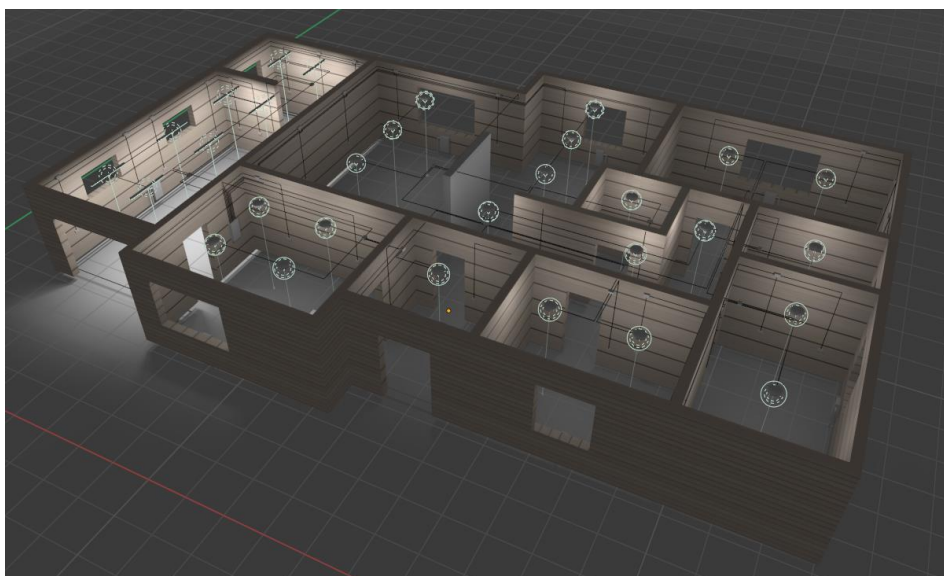


Рисунок 3.5 – Симуляція освітлення будинку за допомогою програми Blender

3.2 Розробка електрощитової для оселі

Наступний нашій крок визначитись, який тип та вид електрощитової підійде під наші задачі. Так як їх є велика різноманітність. Підрахуємо сумарну кількість апаратів захисту, які вибирали раніше та зведемо їх у табл. 3.2. Для подальшої зручності розподілимо пристрої на контури. Тобто, освітлення, як внутрішнє так і зовнішнє віднесемо до I контуру, але крім гаражу, так як для нього буде інший розподільчий пункт. Також до I контуру віднесемо розеточну групу, пожежну та охорону сигналізацію. До розеточної групи відніс всі побутові прилади, які тимчасово вмикаються в електричну мережу. Для даної групи живлення вибрав кабель ВВГ 3х2,5 мм та автоматичний вимикач номінальним струмом 16 А. Отже, I контур матиме 5 ліній живлення та 5 апаратів захисту.

До II контуру віднесемо споживачів, що працюють з водою, а саме: бойлер, свердловинний насос, пральна машинка, посудомийна машинка та тепловий насос.

До III контуру відніс пристрої, що допомагають людям в приготуванні їжі. Отже, згідно табл. 3.2 загальна кількість автоматичних вимикачів рівна: 12 шт.

Також для спостереження за номінальною напругою та струмом споживання встановим цифровий ватметр. Даний пристрій у своїй будові має вольтметр та амперметр.

Неодмінною частиною захисту є захисне УЗО, яке вбереже мешканців будинку від ураження електричним струмом, його потрібно також врахувати та вибрати. Згідно з розділом 7.1.8.2 ПУЄ, струм витoku не повинен перевищувати понад 30 мА для групових ліній, які живлять розеточну лінію та приміщення з підвищеною небезпекою.

Таблиця 3.2 – Загальна кількість автоматичних вимикачів

№ п/п	Назва приладу	Сумарна потужність, Вт	Сумарний струм, А	Загальна кількість автоматичних вимикачів	Тип автоматичного вимикача
I контур					
1	Внутрішнє освітлення	484	2,2	1	ВА-47-1
2	Зовніше освітлення	35,2	0,16	1	ВА-47-1
3	Розеточна група	-	-	1	ВА-47-16
4	Пожежна сигналізація	66	0,3	1	ВА-47-4
5	Охорона сигналізація	70	0,32	1	ВА-47-4
II контур					
1	Бойлер	2000	9,09	1	ВА-47-10
2	Свердловинний насос	600	2,73	1	ВА-47-3
3	Пральна машина	730	3,31	1	ВА-47-4
4	Посудомийна машина	900	4,09	1	ВА-47-6
III контур					
1	Настільна плита	6000	27,27	1	ВА-47-10
2	Електропіч	1800	8,18	1	ВА-47-10
Загальна кількість				12	ВА-47

У табл. 3.3 показую загальну кількість автоматичних вимикачів для розподільчого пункту в гаражі. Розташування РП в гаражі показано на рис. 3.6.

Згідно з розділом 7.1.48 ПУЄ, у ванній кімнаті допускається установка розеток типу штепсельних, які підключаються до електричної мережі тільки через УЗО або пристроїв захисту, які реагують на диференційний струм, який не перевищує 30 мА. Також згідно норм СП 31-110-2003 А.4.15 для ванної, душової, туалету рекомендується встановлювати УЗО з номінальним диференційним вимикаючим струмом до 10мА, якщо для них виділена окрема лінія живлення.

Таблиця 3.3 – Загальна кількість засобів захисту для гаража

№ п/п	Назва приладу	Сумарна потужність, Вт	Сумарний струм, А	Загальна кількість автоматичних вимикачів	Тип автоматичного вимикача
I підгрупа					
1	Освітлення гаража	222	0,96	4	ВА-47-0,1
2	Верстат токарний	1500	6,81		ВА-47-10
3	Розеточна група	~	~		ВА-47-16



Рисунок 3.6 – Розташування розподільчого пункту в гаражі

Рекомендується для пристроїв з великою потужністю прокладати окремі лінії живлення, щоб не завантажувати загальну групу розеток. Тому, для споживачів від 3-4 кВт і вище, відокремлюємо окремими автоматичними вимикачами. Згідно з СП 31-110-2003, п.9.2, у будинках в яких присутня електрична плита, має бути передбачено окрема лінія живлення.

В результаті всіх підрахунків матимемо загальну кількість апаратів, яка становить: 18 шт. Після цього вибираємо марку, тип електрощитової. Для

побутового сектору вибрав електрощитову марки: ETI ECG42 на 42 модулів, ступінь захисту: IP40.



Рисунок 3.7 – Розташування електрощитової з лініями живлення в будинку

Для розподільчого пункту в гаражі, загальна кількість апаратів захисту буде рівна: 7 шт. Для гаража був вибрана електрощитова марки Hager Cosmos VR108PD, на 8 модулів.

У програмному забезпеченні Autocad проектуємо нашу електрощитову. Всі засоби захисту, які вибирали раніше, будемо використовувати у нашому щиті. Візуальні та принципові схеми для будинку та гаражу показані на рис. 3.8; 3.9; та 3.10

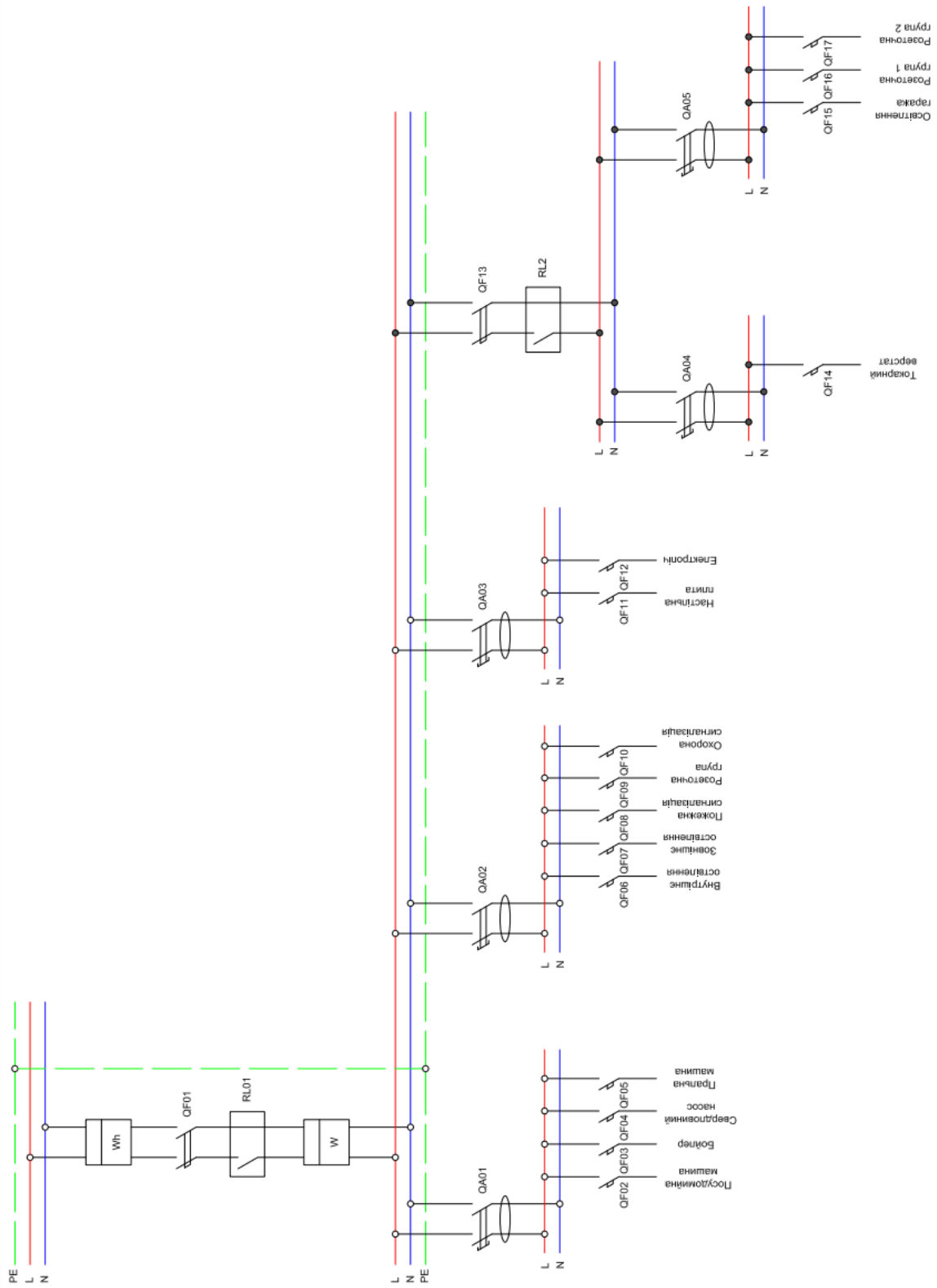


Рисунок 3.8 – Принципова схема електрощитової

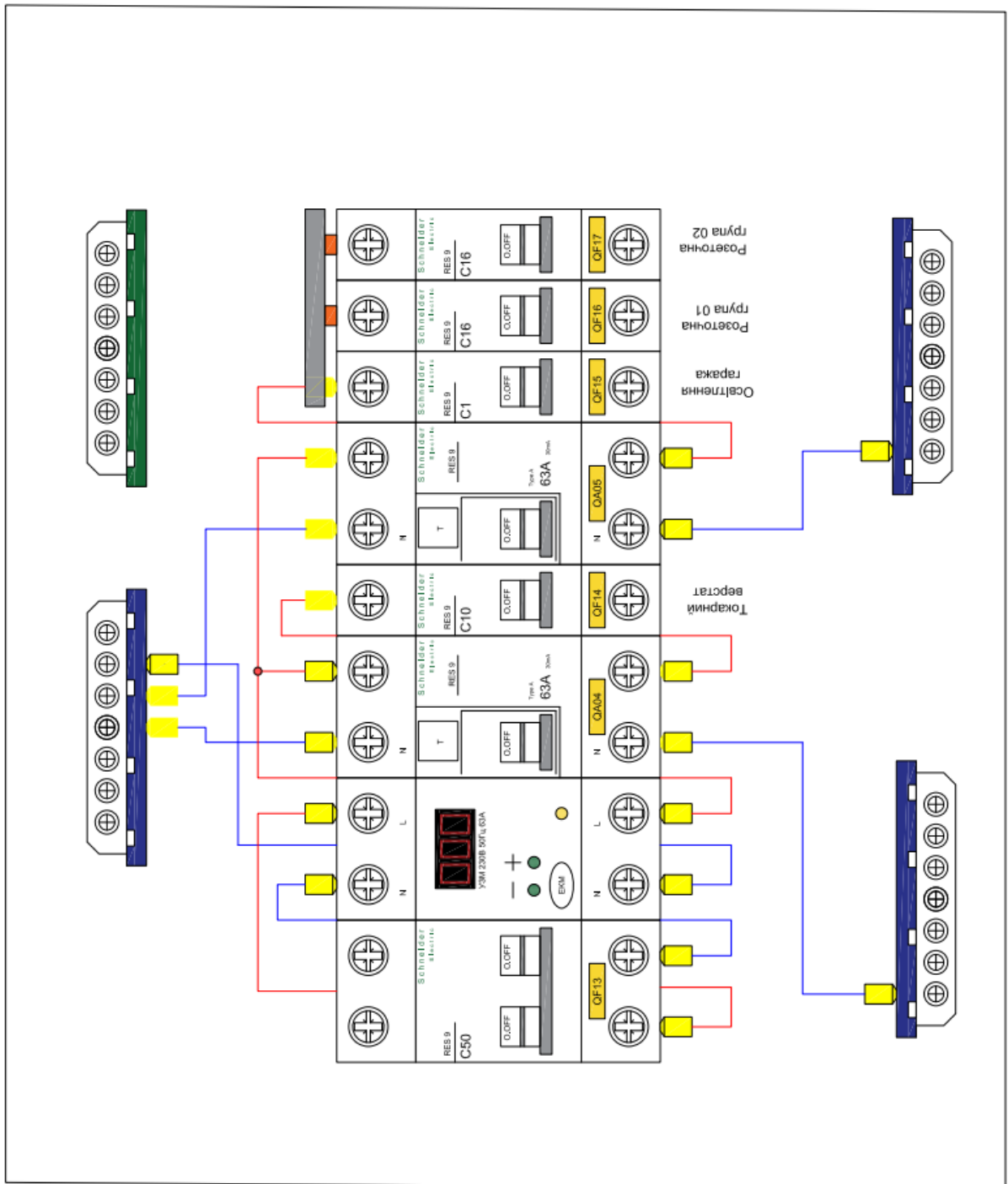


Рисунок 3.9 – Візуальна схема електроцита гаража

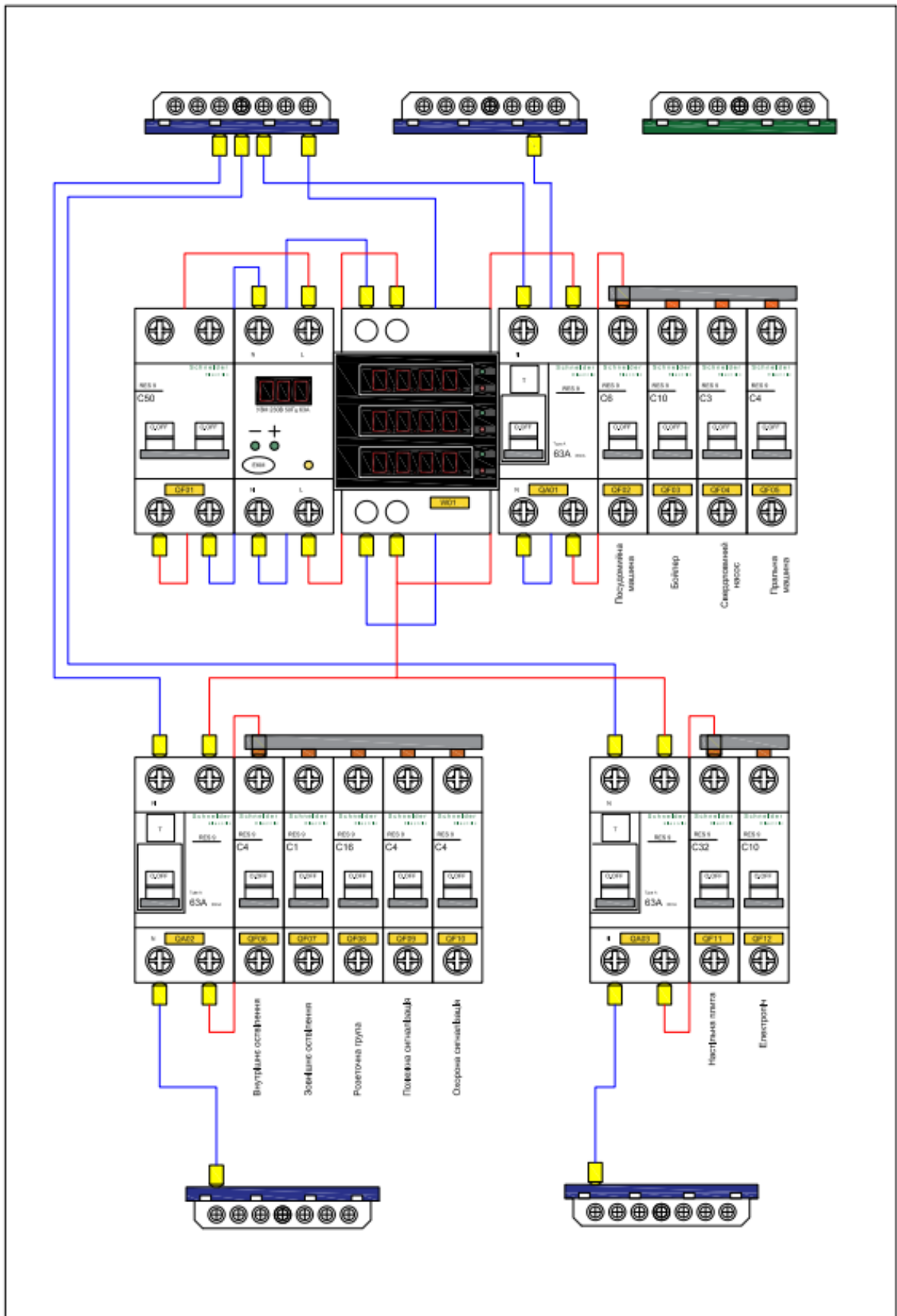


Рисунок 3.10 – Візуальна схема електрощитової будинку

3.3 Розташування сонячної електростанції

Згідно з розділом 2 вказано, що сонячна електростанція для економії місця на території встановлюється на стрісі будинку. Відповідно спроектуємо її в програмі Blender і покажемо на відповідних рис. 3.11.

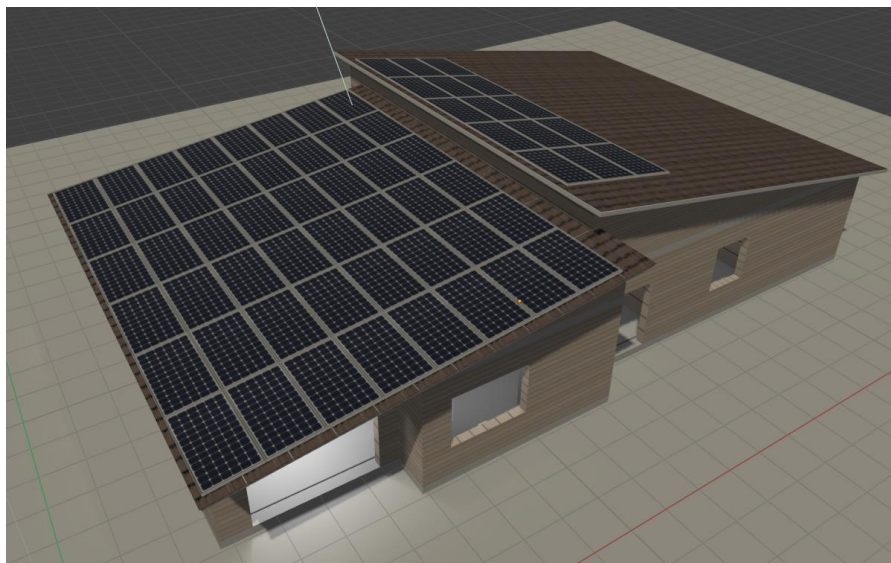


Рисунок 3.11 – Розташування сонячних панелей на даху будинку

3.4 Розміщення трубопроводів та розробка аксонометричної схеми системи опалення

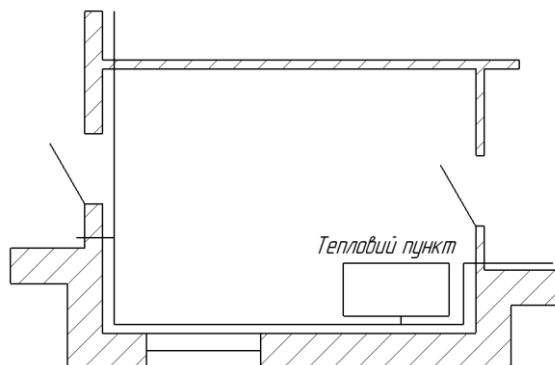


Рисунок 3.12 – План приміщення будинку із зображенням теплового пункту та магістральних трубопроводів у кімнаті № 8 (рис. 1.2).

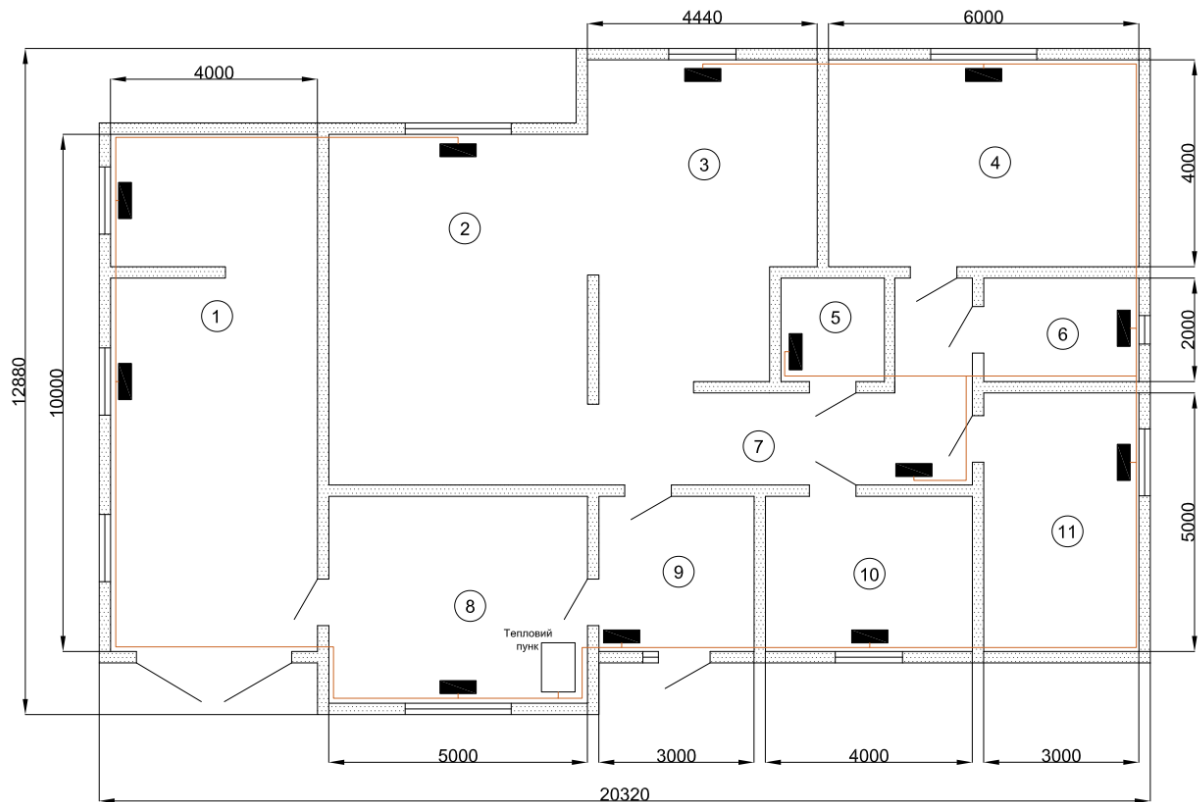


Рисунок 3.13 – План будинку із зображенням теплового пункту та опалювальних приладів.

Трубопроводи системи водяного опалення поділяють на магістралі гарячої і холодної води. Розміщення трубопроводів з усіма необхідними розмірами відображене на рис. 3.13. Також показано на рис. 3.12 приміщення в якому встановлений тепловий пункт.

Згідно розділу 2 у якому було розраховано кільце аксонометричної схеми, була спроектована аксонометрична схема, яка показана на рис. 3.14.

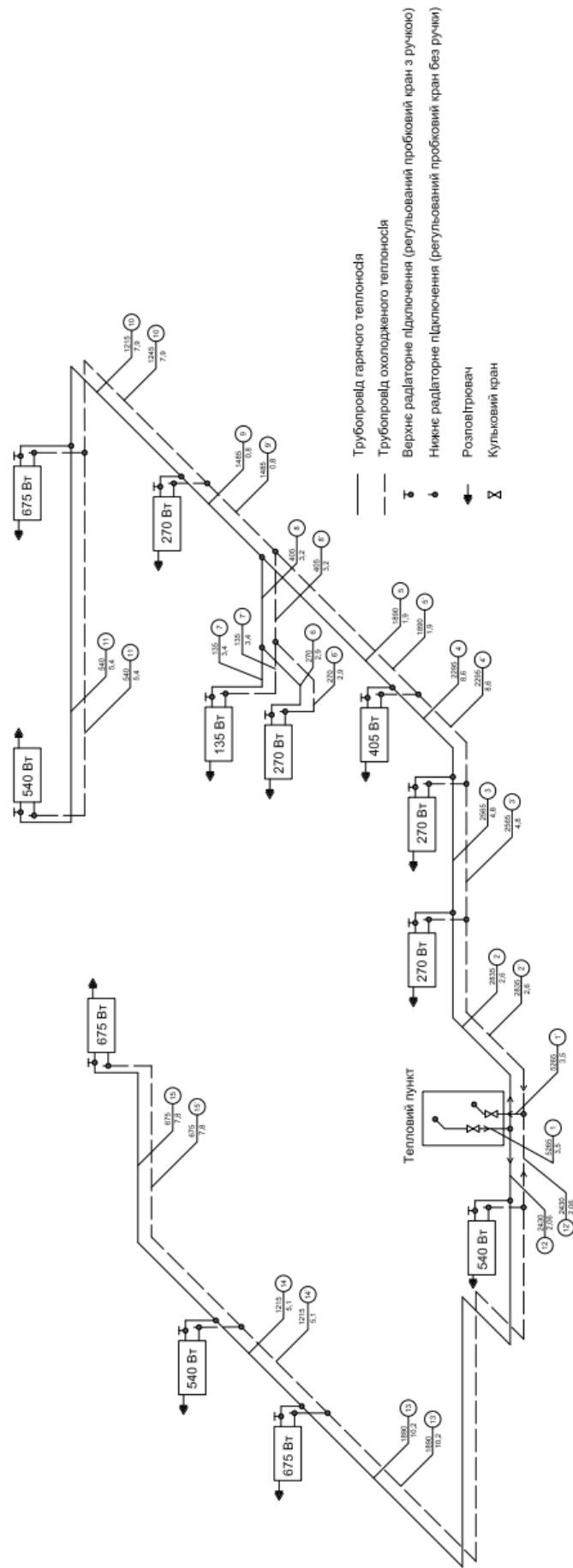


Рисунок 3.14 – Аксонометрична схема

3.5 Побудова системи автоматизації будинку

На рис. 3.15 показано схему всієї системи, без споживачів (Електроприладів). Для зручності підключення була використана монтажна плата, на яку було виведено +5V та GND. Як видно, на Arduino Leonardo більше половини пінів вільно, це дозволить у майбутньому підключити додаткові датчики та пристрої, які дозволять покращити систему автоматизації будинку.

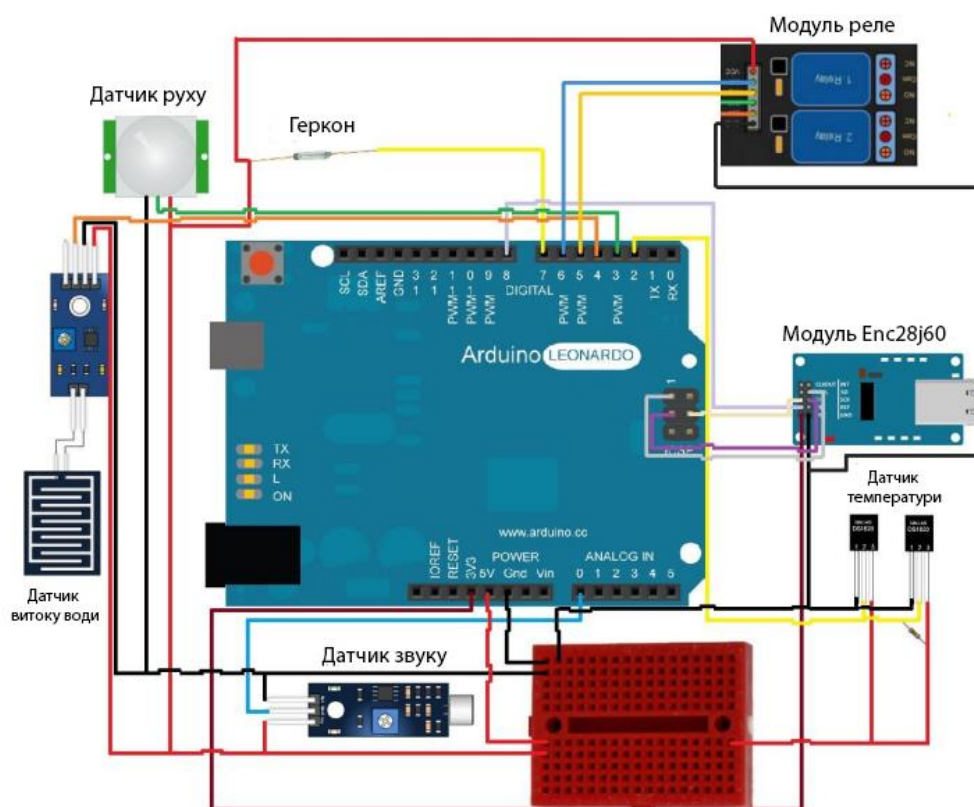


Рисунок 3.15 – Схема автоматизації будинку

У табл. 3.4 наведено кошторис поточних витрат на цей проект (у грн). Найдорожчим пристроєм став сервопривід. Ціни на нові сервоприводи починаються від 1300 грн. Так, можна було використовувати дешевий електромагнітний клапан, але на ринку міста Тернопіль більшість таких клапанів мають неналежну якість і просто не витримали б тиск у системі водопостачання.

Цей набір компонентів призначений лише для однієї кімнати. Щоб система автоматизації могла керувати всіма інженерними вузлами та забезпечувати

повну безпеку будинку, необхідно витратити кошти на додаткові датчики та пристрої, а також на монтаж проводки. Ця ціна буде набагато нижча за комерційні рішення. Але при самостійному створенні «Розумного будинку» потрібно більше часу на встановлення готового продукту, і навіть розробка системи вимагає певних навичок у програмуванні та електротехніці.

Таблиця 3.4 – Кошторис компонентів

Назва компонента	Кількість	Ціна, грн
Датчик температури DS18B20	2	25
Модуль з 2 реле	1	60
Датчик води, компаратор LM393	1	36
Датчик руху PIR HC-SR501	1	50
Макетна плата	1	24
Геркон	1	5
Резистори 4,7 кОм	2	3
Сервопривід	1	1300
Датчик звуку, на мікросхемі LM393	1	35
Arduino Leonardo	1	254
Всього	12	1792

Нижче на рис. 3.16 зображено макет пристрою. Ця система впроваджено в кімнату, а датчик витoku води та сервопривід знаходяться у санвузлі. На перший погляд може здатися, що використовується величезна кількість проводів, що з'єднують керуючу плату разом з датчиками та пристроями, але це лише на макеті.

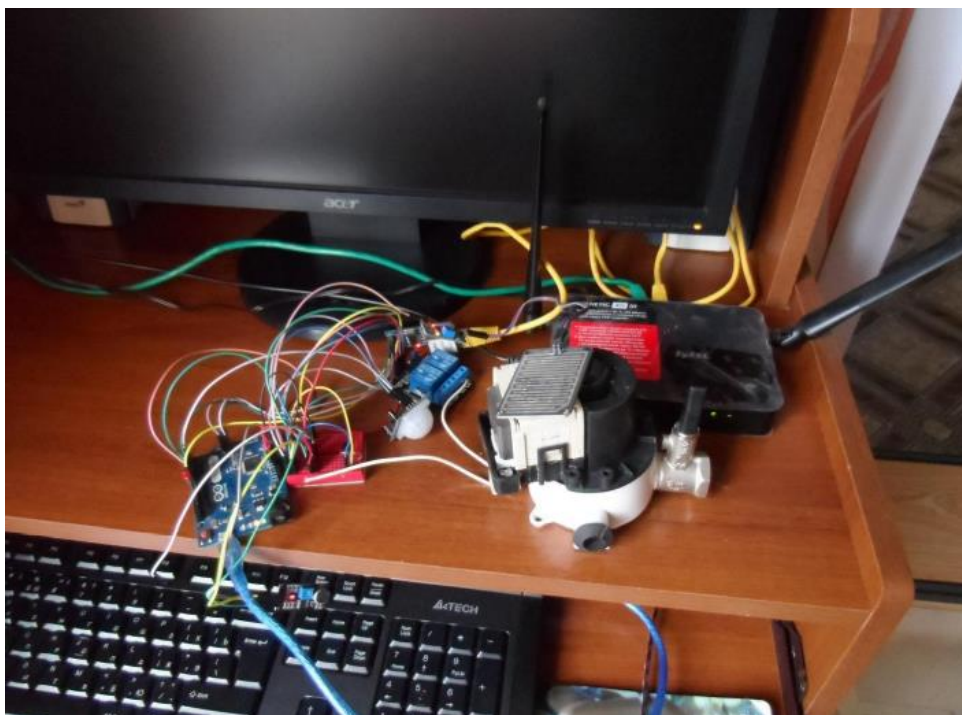


Рисунок 3.16 – Макет системи автоматизації будинку

3.6 Веб інтерфейс панелі керування

Інтелектуальний будинок складний в облаштуванні, адже в ньому є маса датчиків, контролерів та сенсорів, які завжди передають інформацію на керуючий пристрій, який після перероблювання інформації передає кінцеві команди приладів. Система автоматизації може працювати в автоматичному режимі. Але завжди існують дані, які потрібно повідомити користувачеві. Для цього якраз використовують панель керування або контрольну панель. Крім цього, не завжди можна запрограмувати всі дії користувача, які будуть виконуватись автоматично. До таких дій можна віднести: заплановане увімкнення світла або електроприладів. Використання панелі управління дозволить користувачеві вручну керувати різними приладами.

Контрольною панеллю для поточної системи є стандартна HTML сторінка запущена за допомогою Ethernet модуля Enc28j60. Доступ до панелі на цей момент може відбуватися, коли, смартфон або комп'ютер знаходяться в одній мережі із системою автоматизації будинку. Щоб зайти на панель керування,

необхідно набрати в адресному рядку браузера 192.168.1.45/all. Панель керування відображає інформацію про температуру зовні та всередині кімнати, поточний стан вікна та інформацію про прорив. При критичних ситуаціях на контрольній панелі відображається відповідна інформація (рис. 3.17 і 3.18). Крім інформації, на контрольній панелі представлено 3 кнопки ручного увімкнення та відключення світильника, люстри та сервопривіда, що перекриває подачу води. Кнопка управління світильником не залучена, оскільки використовується 2-х модульне реле, але завдяки реле можна під'єднати будь-який інший прилад, при цьому не змінюючи програмну частину, що відповідає за дію при натисканні кнопки. Крім ручного керування світлом може включатися і по сплеску, а при виявленні прориву або витоку води, сервопривід автоматичному режимі перекриває подачу води.

Істотним недоліком такого типу панелі управління, є відсутність повідомлень, тобто доводиться тримати веб сторінку постійно відкритою. У моєму випадку використовується віджет веб сторінки, розташований на робочому столі смартфона та комп'ютера. Надалі планується створення окремої програми для смартфона, а також покращення графічного інтерфейсу панелі управління.

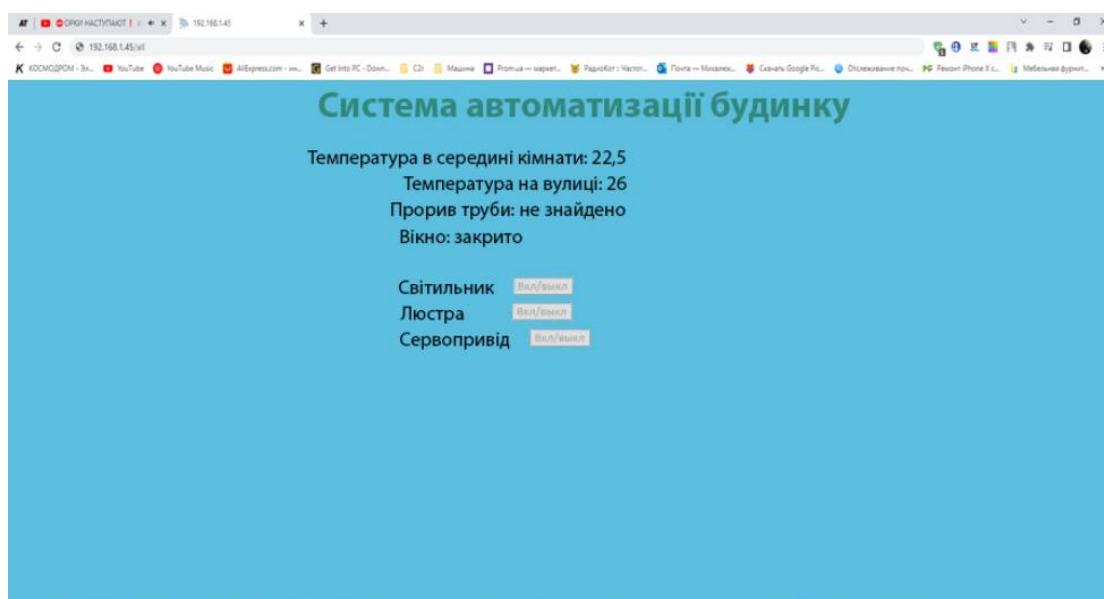


Рисунок 3.17 – Панель керування

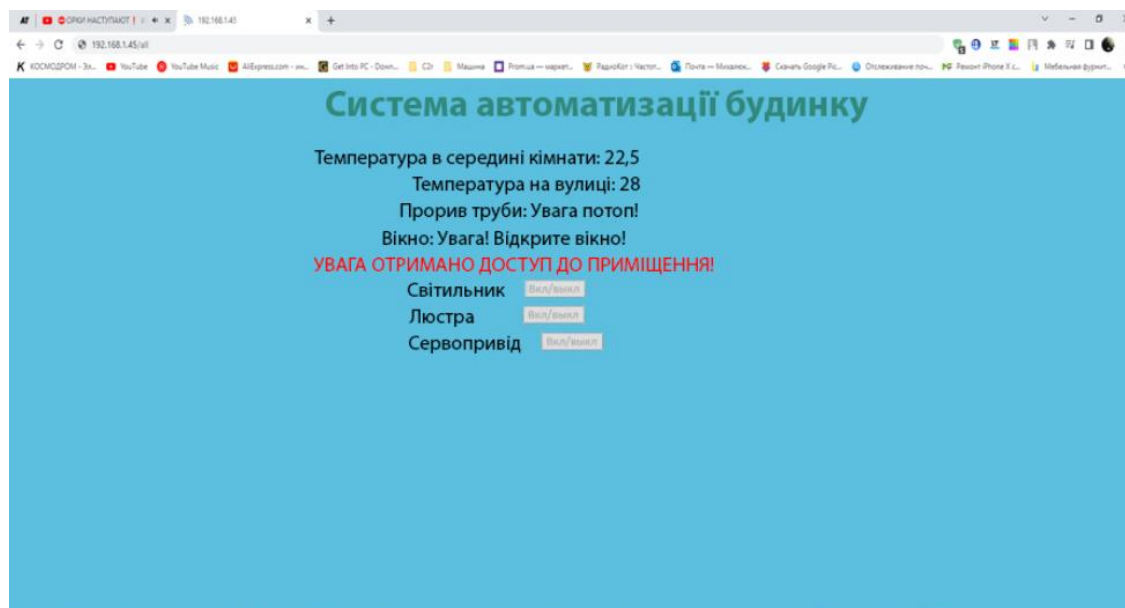


Рисунок 3.18 – Панель керування при аварійних ситуаціях

3.7 Принцип роботи та загальна схема автоматизації будинку

На рис. 3.19 показані всі датчики, які присутні в нашій системі автоматизації, також показано місця їх розташування в будинку та їх назва й позначення. Принцип роботи даної системи полягає в наступному:

- При вході в будинок стоїть датчик руху, який вмикає зовнішнє освітлення при підході людини до вхідних дверей в нічну пору. Це зроблено для того, щоб людина не спотикнулась об поріг будівлі і в іншій час для економії електричної енергії. Економія закладається в тім, що зовнішнє освітлення не потрібно весь час тримати включеному режимі, таким чином воно буде вмикатися тільки тоді, коли за фіксується будь який рух. Також при вмиканні освітлення нам приходиться сповіщення на телефон або комп'ютер, що дає змогу зарання дізнатись за прихід людини.

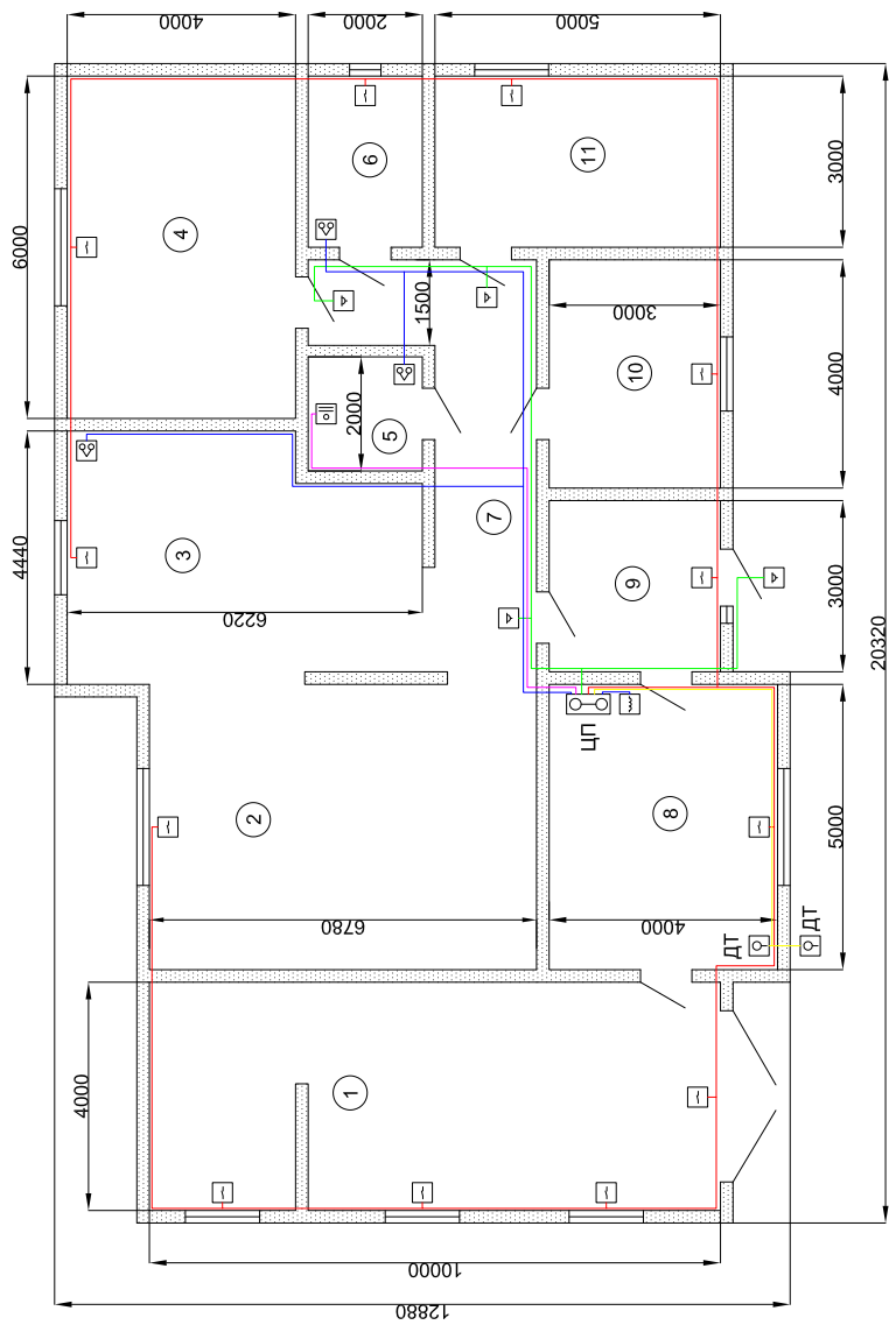
- Якщо пройти до коридору, можна замітити такі ж самі датчики руху, що і на вході. Це зроблено для того, щоб не вмикати весь час світло в коридорі. Коли член сім'ї проходить по коридорі до своєї кімнати або до ванної чи туалету. У разі необхідності світло можна буде ввімкнути на постійний час – ця функція зберігається.

– У туалеті, ванній кімнаті та на кухні влаштовані датчики води, які реагуватимуть на прорив труби. Тобто при аварійній ситуації, в одній із цих кімнат станеться прорив труби і відбудеться потрапляння води на підлогу, даний датчик спрацює і відправить сигнал на сервопривід, який відповідає за подачу води. В наслідок цього припинить подачу води до даних кімнат. Після цієї операції нам прийде сповіщення, що сталася аварія з подачею води.

– **Додаткова функція в автоматизації.** У туалеті присутня вентиляція. Її можна також автоматизувати. У сучасних унітазах є два режими злива води: малий та великий злив. При установці датчики рівня води в зливний бачок, можна зробити так, коли відбувається великий злив вмикається вентиляція на певний час. Це потрібно для того, щоб провітрити кімнату від сторонніх запахів. У самій програмі можна вказати на який час буде вмикатися вентиляція після великого змиву. Після того, як вентиляція відпрацює заданий час, спрацюватиме очищувач повітря на 5-10 сек. Для того, щоб очищене повітря з приємним запахом подати в кімнату.

– Однією із функцій системи буде захист приміщення від проникнення. Він полягає в тому, що при відкритті вікон (не на провітрювання) приходитиме сповіщення на телефон або комп'ютер, що отримано доступ до приміщення. Даний захист працюватиме у нічну пору і тоді коли членів сім'ї не буде в будинку. Даний захист організований за рахунок геркона. Будь яке розмикання контактів геркона, відправить сигнал на центральний пристрій, в наслідок чого приходитиме сповіщення про проникнення в приміщення.

– У нашій системі встановлені датчики температури. Вони дають нам змогу проглядати температуру як на зовні, так і в середині приміщення. Це несе тільки інформаційну властивість. Але автоматизувати за допомогою даних датчиків підтримку температури в приміщенні за допомогою теплої підлоги або електричного котла можна, але складно. Для такої системи необхідна як мінімум ще одна плата керування Arduino Uno.



Позначення	Назва Датчика
□	Геркон
□	Температури
□	Сервопривід
□	Датчик руху
□	Датчик води
□	Датчик рівня води

Рисунок 3.19 – Принципова схема автоматизації будинку

– З приводу вентиляції, є також **додаткова функція**. У дану систему можна влаштувати датчик якості повітря MQ-135. Даний датчик буде контролювати якість повітря у приміщенні, якщо в приміщенні будинку буде занадто багато вуглекислого газу, диму, пари алкоголю чи бензину, то відразу включатиметься вентиляція приміщення. Це дозволить більш ефективно використовувати вентиляцію та менше витратити електроенергії за рахунок цього.

Недоліки системи:

- немає гарантії на компоненти системи;
- для налаштування системи потрібно мати певні знання в програмуванні;
- для установки даної системи потрібно мати знання в електроніці тому, що можна спалити пристрій керування або датчики;
- дешевизна компонентів не завжди відповідає якості його виготовлення.

3.8 Висновки до розділу

Було спроектовано згідно плану 3D вигляд будинку. Також спроектовано план на якому показано розміщення світильників та проведена симуляція освітлення в приміщеннях будинку за допомогою програмного забезпечення Blender.

Розроблено та спроектовано надійна електроцитова будинку. Показано принципову та візуальну схему.

Показано розміщення сонячної електростанції на стрісі будинку.

Показано розташування опалювальних приладів на плані будинку. Показано місце розташування теплового пункту у приміщенні та розроблена і спроектована аксонометрична схема опалювальної системи.

Розроблено систему автоматизації будинку за рахунок Arduino. Розроблений інтерфейс для керування датчиками системи. Показано загальну схему та розписано принцип роботи даної системи. Приведені переваги та недоліки системи.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Заходи з електробезпеки

Електробезпека – це система організаційних і технічних заходів, що забезпечують захист людей від небезпечної і шкідливої дії електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля, статичної електрики.

Основними заходами захисту від ураження електричним струмом є:

- забезпечення недоступності струмопровідних частин для випадкового дотику;
- усунення небезпеки ураження людей струмом у разі появи напруги на частинах конструкцій електроустаткування;
- застосування індивідуальних захисних засобів від ураження електричним струмом.

Недоступність струмопровідних частин для випадкового дотику досягається ізоляцією їх струмонепровідними матеріалами. Провідники електричного струму повинні мати робочу ізоляцію. Передбачено застосування в деяких випадках додаткової, підсиленої чи лінійної ізоляції [15].

Недоступність розташування струмопровідних частин досягається розміщенням їх на висоті, під підлогою чи приховано в стінах. Незахищені струмопровідні частини, до яких можливий дотик людей, надійно огорожують у всіх випадках.

У проєктованому будинку провідники з напругою 220 В огорожуються як незахищені, так й ізольовані струмопровідні частини.

Захисне заземлення, занулення і відключення – основні заходи захисту людей від ураження електричним струмом у разі появи напруги на частинах конструкцій електроустаткування. Замір опору заземлюючих пристроїв повинен

проводитися не рідше одного разу на рік. Результати замірів оформляються протоколами.

Згідно з спроектованим будинком до технічних засобів і заходів захисту від ураження електричним струмом належать:

- ізоляція струмоведучих частин (робоча, додаткова, посилена, подвійна);
- забезпечення недосяжності неізольованих струмоведучих частин;
- захисне заземлення;
- занулення, захисне відключення;
- огорожувальні улаштування;
- попереджуюча сигналізація;
- блокування; знаки безпеки;
- засоби захисту і запобіжні пристосування та ін.

У приміщені № 8 (з розділа 1, рис. 1.2) з підвищеною небезпекою для ручного інструменту напруга не повинна перевищувати 42 В. У проєктованому будинку напруга у приміщені складової рівна – 12 В.



Рисунок 4.1 – Загальний вигляд порошкового вогнегасника

У приміщені гаража (з розділа 1, рис. 1.2, № 1) та складової (з розділа 1, рис. 1.2, № 8) установлені порошкові вогнегасники (рис. 4.1) [16]. При виникненні аварійного стану, тобто електроприлад загорівся потрібно виконувати наступні заходи:

- обмотай руку сухою ганчіркою, висмикни вилку з розетки;

- накрий палаючий предмет ковдрою;
- вимкнути вхідний автоматичний вимикач, який знаходиться у електрощитовій в приміщені № 8 (з розділа 1, рис. 1.2)
- терміново телефонуй за номером 101 і викликай пожежників на допомогу;
- повідомити старшиш (батьків, сусідів, прохожих);
- якщо знеструмити електромережу неможливо, то слід пам'ятати: не можна застосовувати для гасіння воду та пінні вогнегасники, можна лише порошкові.

У зв'язку, з тим що в приміщені № 8 (з розділа 1, рис. 1.2) встановлена електрощитова, потрібно пам'ятати, що небезпечно знаходитись поблизу них. Також вона має бути завжди замкненою. Не можна торкатися проводів, що приєднані до нього тому, що вони завжди знаходяться під напругою. Необачний рух може призвести до ураження електричним струмом. У приміщені гаража (з розділа 1, рис. 1.2 № 1) потрібно раз на місяць очищати від пилу електродвигун, що встановлений у токарному верстаті.

Правил поводження з електричними приладами наступні [17]:

- електронагрівальні прилади, такі як електрочайник, електросамовар, електропраска, електрокамін та інші, потрібно включати в електромережу справними;
- якщо ти дивишся телевізор, а екран погас або почав миготіти, ні в якому разі не можна по ньому стукати. Він може загорітися або навіть вибухнути. Його треба негайно вимкнути;
- якщо щось потрапило до телевізора, радіоприймача та інших електроприладів, які працюють, треба в першу чергу їх вимкнути. Ні в якому разі не можна лізти туди олівцем чи іншим предметом, коли електроприлад увімкнутий;
- переважна кількість побутових електроприладів є переносними, і при цьому часто виникає пошкодження їх ізоляції. Також буває, що електричний дріт

обірвався чи оголився. У таких випадках ні в якому разі не торкайся оголених місць, бо це може призвести до травми;

- не залишайте без нагляду увімкненими в розетку електроприлади;
- забороняється тягнути за електричний шнур руками, тому що він може обірватися і вразити електричним струмом;
- не можна заповнювати водою ввімкнені в електромережу чайники, кавоварки, каструлі;
- не торкайся мокрими руками та не витирай вологою ганчіркою електричні кабелі, штепсельні розетки, вимикачі, інші електроприлади, ввімкнені в електромережу;
- не можна підвішувати речі на кабелі;
- не можна бавитись із штепсельними розетками – це загрожує твоєму життю;
- коли ідеш з дому – всі електроприлади мають бути вимкнені.

Використання електричних приладів не за призначенням або невміле користування ними, може призвести до пожежі [18].

4.2 Заходи протипожежної безпеки

В приміщеннях будинку встановити наступний протипожежний режим, яким передбачено:

- порядок користування електронагрівальними приладами. Приготування кип'ятку, розігрівання та приготування їжі здійснюється в спеціально обладнаних для цих цілей місцях (таких як кухня рис. 1.2 № 3) із застосуванням електрочайників з автоматичними пристроями відключення електронагрівальних елементів;
- порядок роботи з електроприладами. Забороняється залишати без нагляду увімкнені в електромережу електроприлади, радіоприймачі, електронагрівальні прилади, вентилятори, кондиціонери;

– порядок виконання вогнебезпечних робіт. Проведення вогневих та інших пожеже небезпечних робіт (газоелектрозварювальних, газорізальних). Основні правила поведінки при виникненні пожежі [18].

У разі виявлення пожежі (ознак горіння) кожний громадянин зобов'язаний негайно повідомити про це пожежну охорону по телефону 101. При цьому необхідно назвати адресу об'єкта, вказати кількість поверхів будівлі, місце виникнення пожежі, обстановку на пожежі, наявність людей, а також повідомити своє прізвище.

Вжити (за можливістю) заходів з евакуації людей з будинку, гасіння (локалізації) пожежі та збереження матеріальних цінностей.

У разі необхідності викликати інші аварійно-рятувальні служби (медичну за номером телефону 103, газорятувальну за номером телефону 104).

Існують державні норми будівництва, які визначають мінімальні відстані від однієї будівлі до іншої. Важливо враховувати рівень вогнестійкості споруд, які проектується. В будинку стіни виготовлені зі СІП-панелей, вони не підтримують горіння.

Дорога розташовується не менше ніж за 5 метрів від стіни споруди, а ширина проїжджої частини – не менше 3,5 м. Цей параметр дає можливість легко під'їхати спецтехніці у разі пожежі для здійснення рятувальних заходів та пожежогасіння. [18]

В приватному будинку існує безліч факторів, здатних призвести до пожежі.

Причини:

– несправність електроприладів і електропроводки. Замикання електроприладів, розташованих біля штор, м'яких меблів, здатне викликати сильне загоряння. Також фактором ризику є електроприлади, підключені за допомогою трійника до однієї розетки, це викликає перевантаження проводки;

– свічки і лампи. Заборонено завішувати світильники, так як через перегрів вони можуть спалахнути. Свічки в приміщенні є небезпекою, так як їх нерідко забувають загасити, або, залишена без нагляду, свічка може впасти;

– куріння в оселі. Куріння в ліжку, викидання непогашений недопалок у відро для сміття може створити загрозу безпеці;

– горючі речовини. Масла, жири, гас, бензин, що зберігаються вдома, є факторами ризику і посилюють горіння;

Будинок є пожежонебезпечною зоною, так як тут присутня велика кількість тканин, дерево, пластик. Всі ці матеріали добре підтримують горіння, викликаючи швидке поширення вогню і чадного газу [19].

При експлуатації будівлі потрібно завжди дотримуватись вимоги протипожежної безпеки.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Згідно з представленими розділами отримано такі результати:

У розділі 1 проаналізовано та наведено порівняння стандартного будинку з енергетично незалежним. Висвітлені плюси та мінуси енергетично незалежних будівель.

Вибрано ділянку для проектування і подальшого будівництва будинку. Розглянуто матеріали стін та інших зовнішніх огорожень, з яких будуватиметься оселя.

Проаналізовано види фотоелектричних сонячних модулів і в результаті цього вибрано монокристалічні сонячні панелі. Для перетворення первинної електроенергії СЕС у змінний струм стандартної напруги і частоти вибрано мережевий інвертор потужності 30 кВт.

Проаналізовано види систем опалення і внаслідок цього обрано кращу з відомих – водяну двотрубну з зустрічним рухом гарячого і охолодженого теплоносіїв у магістральних трубопроводах.

Проаналізовано та запропоновано аналог системи «Розумний будинок».

У розділі 2 виконувався розрахунок освітлюваних пристроїв та електроприладів великої потужності. Здійснено вибір кабелів живлення для цих груп споживачів, вибрано апарати захисту від коротких замикань та апарати, які реагують на диференційний струм.

Здійснено розрахунок відновлювальних джерел енергії та прибутку від їх використання. Чистий прибуток, що приносить сонячна електростанція протягом одного року у м. Тернопіль становить 182 532 грн.

Здійснено розрахунок тепловтрат будинку, що виготовлений за технологією СПП-панелей. Загальні втрати тепла рівні 3671 Вт. Згідно з цими втратами розраховано кількість секцій біметалевих радіаторів та трубопроводи системи опалення.

У розділі 3 спроектовано загальний вигляд будинку у 3D-форматі.

Проведено симуляцію освітлення у кожній кімнаті будинку.

Розроблено надійну і водночас просту електрощитову будинку. Представлена принципова та візуальна схема електрощита.

Показано розташування сонячної електростанції на стрісі будинку.

Розроблено та спроектовано аксонометричну схему опалення будинку.

Спроектовано та розроблено аналог системи «Розумний будинок» з доступних матеріалів, що замінює заводські рішення. Показано розміщення датчиків даної системи на плані будинку.

Представлено загальний вигляд та макет даної системи. Приведені недоліки та переваги даної системи.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Альтернативна енергетика та Еко-технології [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://alteco.in.ua/ua/78-tekhnologii/546-avtonomnyi-budynok>
2. Remont BR «Будівництво та ремонт без проблем» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://remontbp.com.ua/yak-pobuduvati-avtonomnij-budinok/>
3. Всеукраїнський сайт для торгівлі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.olx.ua/d/uk/obyavlenie/prodayu-zemelnu-dlyanku-na-15-sotikv-IDOKsC4.html>
4. Будування будинків із СІП панелей [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://citysip.ru/informacija/istoriya-tehnologii-sip/>
5. Будівництво малоповерхових швидкоспорудних енергозберігаючих житлових будинків із СІП-панелей / [Ципріянович І., Старченко О., Гулін Д., Клименко С.]. – Чернівці «Букрек», 2021 – 260 с.
6. ЕкоTechnik Ukraine «Які бувають сонячні батареї. Різновиди і характеристики» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ekotechnik.in.ua/tipy-solnechnyh-batarej/>
7. Romstal Світ Інсталяцій «Що таке інвертор для сонячної панелі і як його правильно вибрати» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ekotechnik.in.ua/tipy-solnechnyh-batarej/>
8. ТеплоCeramic «Опалення для будинку. Порівняння різних видів опалювальних систем» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://teploceramic.ua/ua/sistemy-otopleniya-doma-sravnenie-ch-1.html>
9. Wikipedia «Home automation» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Home_automation
10. Антикризовий медіа-центр «Норми споживання електроенергії» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://acmc.ua/subsydiyi-v-ukrayini-urizhut-z-1-zhovtnya-novi-normy-spozhyvannya/>

11. Міненерговугілля України. Правила Улаштування Електроустановок: ДНАОП 0.00-1.32-01. – К., 2014.– 80 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://nmcpz.ho.ua/document/biblio/pue_16.pdf
12. Solar Technology «Калькулятор сонячної станції» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://solartechnology.com.ua/online-calculator>
13. Державні будівельні норми України. Штучне та природне освітлення: ДБН В 2.5-28–2018. – К.: Мінрегіо України, 2018.– 133 с. – Режим доступу: https://ledeffect.com.ua/images/_branding/dbn2018.pdf
14. Державні будівельні норми України. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель ДБН В 2.6-31–2021. – К.: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022.– 133 с. – Режим доступу: <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2022/06/dbn-v.2.6-31.pdf>
15. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів : ДНАОП 0.00-1.21-1998 / Вид. офіційне. Мінпраці України. – К. : Офіційний вісник України, 12.03.1998. - №8. – С. 394.
16. Порошкові вогнегасники [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://oppb.com.ua/news/poroshkovi-vognegasnyky-plyusy-ta-minusy>
17. Правила поводження з електроприладами [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://novozzso7.school.org.ua/pravila-povodzhennya-z-elektropriladami-12-37-57-06-07-2020/>
18. Пожежні норми для приватних будинків [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://tehpassport.com.ua/ua/pozhezhni-normy-dlya-pryvatnyh-budynkiv/>
19. Пожежна безпека України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://euroservis.com.ua/ua/neskolko-sovetov-po-pozharnoy-bezopasnosti-doma/>
20. Михалюк І.М Природничі та гуманітарні науки / Матеріали V Міжнародної студентської науково – технічної конференції / Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя (м. Тернопіль, 28-29 квітня 2022 р.), 2022. – С. 58-59 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/37932/1/zbirnyk_2022.pdf

21. Зінь М.М. Роль і місце енергетичного менеджменту в системі конкретних функцій менеджменту підприємством / Ю.Б. Підгайний // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського – 2013. – С. 148-154.
22. Зінь М.М. Шляхи прискорення темпів розвитку малої гідроенергетики в Україні / Ю.Б. Підгайний, М.Г. Тарасенко // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського – 2014. – С. 56-61.
23. Зінь М.М. Improving the energy efficiency of small hydropower plants with tubular propeller hydroturbines // V International Scientific-Technical Conference "Actual problems of renewable energy, construction and environmental engineering": book of abstracts. Faculty of Environmental, Geomatic and Energy Engineering, Kielce, University of Technology, Poland – 2021/6. – С. 26-27.
24. Коваль В.П. Енергофактивність освітлення адміністративних приміщень / О. Герєга // Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки і приладобудування – 2018. – С. 201.
25. Філюк Я.О. Експериментальні вимірювання енергетичного потенціалу сонячного випромінювання / В.А. Андрійчук // XX Наукова Конференція Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя – 2017. – С. 176-177.
26. Осадца Я.М. Дослідження світлодіодних джерел світла у випадку імпульсного живлення / М.С. Наконечний, В.А. Андрійчук, Я.О. Філюк // Журнал: Технічна Електродинаміка – 2021. – С. 68.