

Хмельницький національний університет
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

Розробка системи енергозабезпечення
житлового будинку

Галузь знань 14 Електрична інженерія
Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітня програма Енергетичний менеджмент


Шифр БРМА 25.00.00.000 ПЗ

Виконав студент
4 курсу група ЕМ-21-1


Підпис

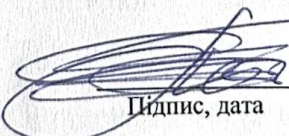
А.Р. Галич
Ініціали, прізвище

Керівник


Підпис, дата

В.С. Неймак
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер


Підпис, дата

О.Г. Тимошук
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:
Зав. кафедри МАЕЕС


Підпис, дата

В.С. Неймак
Ініціали, прізвище

2 06 2025 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

Освітній рівень бакалавр

Галузь знань 14 Електрична інженерія

Шифр і назва

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Шифр і назва

Освітня програма Енергетичний менеджмент

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАЕЕС

к.т.н., доц. Неймак В.С.

2. 06 .2025р.

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Галич Анастасія Русланівна

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи Розробка системи енергозабезпечення житлового будинку

керівник роботи Неймак Віталій Станіславович, к.т.н., доцент

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом ректора університету від 7 02 2025 р. № 23

2. Строк подання студентом роботи на кафедру 2.06.25

3. Вихідні дані до роботи енергетичні характеристики житлових будинків побутових споживачів

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1. Огляд та аналіз існуючих конструкцій за тематикою бакалаврської роботи. 2. Розробка системи енергозабезпечення житлового будинку. 3. Розрахунки елементів системи енергозабезпечення житлового будинку. Перелік джерел посилання.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень

1. Теплові насоси та схеми їх застосування (ДО, А1). 2. Енергоефективний житловий будинок (ДІ, А1). 3. Дах сонячний (СЗ, 2А1). 4. Побутова геліоелектростанція (ЕЗ, А1). 5. Побутова геліоелектростанція (Е5, А1).

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1. Огляд та аналіз існуючих конструкцій за тематикою бакалаврської роботи	до 20.05.25р.	
2. Розробка системи енергозабезпечення житлового будинку	до 29.05.25р.	
3. Розрахунки елементів системи енергозабезпечення житлового будинку	до 5.06.25р.	
4. Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	до 8.06.25р.	

Студент

AG
Підпис

А.Р. Галич

Ініціали, прізвище

Керівник роботи

В.С. Неймак
Підпис


В.С. Неймак

Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

до бакалаврської роботи студента
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка».

1. Прізвище, ім'я та по батькові Галич Анастасія Русланівна
2. Тема бакалаврської роботи Розробка системи енергозабезпечення житлового будинку
3. Прізвище, ініціали, вчена ступінь та звання опонента _____
4. Об'єм бакалаврської роботи: креслень 5 арк., сторінок записки 60
5. Метою бакалаврської роботи була розробка системи енергозабезпечення житлового будинку. В розрахунково-пояснювальній записці наведено всі необхідні розробки, а також розділи, що відповідають встановленим вимогам. В першому розділі проведено аналіз обладнання та патентної інформації з тематики бакалаврської роботи. В другому розділі розроблено систему енергозабезпечення житлового будинку. В третьому розділі проведено розрахунки елементів системи енергозабезпечення житлового будинку

Підпис студента 
" 2 " 06 2025 р.

РІШЕННЯ ЕК:

Протокол 3 від " 19 " 06 2025 р.

Оцінка проекту ЕК 4,0/с
Рекомендації ЕК —

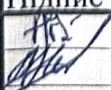



Особливі відмітки —

Технічний секретар 

" 19 " 06 2025 р.

ЗМІСТ

Вступ	с. 5
1 Огляд та аналіз існуючих технологічних та технічних рішень із тематики бакалаврської роботи	11
1.1 Перспективи застосування енергозберігаючих технологій в Хмельницькій області	11
1.2 Аналіз патентної інформації та технічної літератури	16
Висновки до першого розділу	37
2 Розробка системи енергозабезпечення житлового будинку	38
2.1 Опис конструкції енергозберігаючої системи	38
2.2 Визначення параметрів ланцюга споживання	42
2.3 Опис принципової схеми фотоелектричної системи	44
Висновки до другого розділу	47
3 Розрахунки елементів системи енергозабезпечення житлового будинку	48
3.1 Визначення параметрів інвертора	48
3.2 Визначення параметрів акумуляторної батареї	48
3.3 Визначення параметрів фотоелектричних модулів	49
3.4 Опис функціональної схеми	50
3.5 Розрахунок та вибір блоків ФЕС	52
3.6 Вибір теплового насоса для опалення житлових приміщень	55
Висновки до третього розділу	56
Загальні висновки	57
Перелік джерел посилання	58
Додатки	

БРМА 25.00.00.000 ПЗ				
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
Виконав	Галич А.Р.			
Перевір.	Неймак В.С.			
Н.контр.				
Затвер.	Неймак В.С.			
Розробка системи енергозабезпечення житлового будинку			Літера	Арквщ
			б	5
			Арквщів	
			60	
ХНУ гр.ЕМ-21-1				

ВСТУП

Проблема підвищення енергетичної ефективності суспільного виробництва сьогодні постає як ключова в процесі відродження економіки України. Попередня оцінка потенціалу енергозбереження свідчить про його обсяг у межах 42-48% від загального обсягу споживання первинних енергоносіїв, а впровадження системи раціонального енерговикористання безпосередньо пов'язане з розв'язанням багатьох економічних і екологічних проблем.

Відповідно до цього, найважливішим ланцюгом реформування житлово-комунального господарства має стати скорочення витрат на виробництво послуг, а його економічною основою - енергоресурсозбереження.

Кінцеві цілі енергоресурсозберігаючої політики у житлово-комунальному господарстві - зменшення витрат на утримання та експлуатацію житла, відповідно, пом'якшення для населення процесу реформування системи оплати житла та комунальних послуг при переході галузі на режим безбиткового функціонування. На державному рівні робота в цьому напрямі розпочалася з прийняттям Закону України "Про енергозбереження" (від 1 липня 1994 року № 75/94-ВР). Надалі була прийнята низка керівних документів, на підставі частини яких Державним комітетом України з енергозбереження виданий Наказ № 101 від 14.11.97 р. "Про проведення паспортизації енергоспоживаючих об'єктів": обов'язковій енергетичній паспортизації підлягають підприємства (організації) всіх форм власності з проектним рівнем річного споживання 1000 і більше тонн умовного палива чи 3000 Гкал. та більше, або рівнем встановленої потужності 100 кВт і більше.

Згідно із зазначеними документами розроблено основні напрями та концептуальні положення енергозбереження ЖКГ, наведені нижче.

Основними методами досягнення визначених вище цілей є: перехід до ефективних енергозберігаючих архітектурно-будівельних систем та інжене-

- Значні втрати тепла та ресурсів фіксуються під час експлуатації інженерних систем, обладнання, а також застарілих котелень (особливо невеликих розмірів) та індивідуальних опалювальних установок;

- Втрати тепла у теплових мережах досягають приблизно 15-20%, а теплові втрати, зумовлені витоками, становлять від 10 до 15%. Цей перелік можна розширити.

Отже, незважаючи на визнання енергозбереження одним із ключових пріоритетів реформи ЖКГ, практичне втілення цього процесу ускладнюється низкою невирішених проблем: недосконалість нормативно-правової бази, що повинна заохочувати політику енергоресурсозбереження та приваблювати у цю галузь вітчизняні та міжнародні інвестиції; недостатній розвиток ринку послуг з інвестування, монтажу та обслуговування енергоощадного обладнання і техніки, монополізація цієї діяльності енергопостачальними організаціями; низький рівень розвитку маркетингових послуг у сфері виробництва енергозберігаючого устаткування; спотворення співвідношення цін між вартістю енергозберігаючого обладнання та цінами (тарифами) на енергоносії, що значно знижує ефективність енергозберігаючих заходів; недосконалість механізмів стимулювання та фінансування інноваційних процесів у ЖКГ [2].

Основні вектори енергозбереження в житлово-комунальному господарстві

Ощадливість споживання ресурсів та зменшення тепловтрат:

- Теплоізоляція, збільшення термічного спротиву конструкцій будівель, що огороджують; теплоізоляційні роботи при реконструкції будинків старої забудови; покращення теплозахисту вікон та балконних дверей відповідно до сучасних вимог теплозахисту;

- Модернізація систем тепло-, водопостачання (поступова заміна центральних теплових пунктів на індивідуальні теплові пункти у блок-

						7

модульному виконанні; впровадження, там де економічно виправдано, децентралізованих джерел теплопостачання; зменшення тепловтрат в інженерних мережах шляхом поступового переходу на сучасні трубопроводи; оптимізація режимів роботи мереж тепло- та водопостачання; реконструкція теплових пунктів із застосуванням ефективного тепломеханічного устаткування: широке використання апаратури контролю та діагностики стану внутрішньої поверхні устаткування і систем тепло- та водопостачання, та інші);

- Використання нетрадиційних джерел енергії, як один з перспективних напрямків енергозбереження в ЖКГ, а також вирішення екологічних проблем; вагома роль у скороченні витрат енергоресурсів належить також теплонасосним установкам, що забезпечують ефективну утилізацію потенційного тепла навколишнього середовища, промислових і побутових стоків.

Використання атомних електростанцій не є вирішенням питання екологічної чистоти. Під час роботи АЕС в атмосферу в усьому світі викидається до 26 тонн радіоактивних відходів щодня. Окрім того, експлуатація атомних станцій пов'язана з відомою небезпекою, оскільки аварія на АЕС може призвести до великої екологічної катастрофи.

Але побоювання викликає не тільки це, а й те, що запаси енергетичних ресурсів, головними з яких як і раніше залишаються нафта, вугілля та газ, далеко не безмежні. Ці ресурси відносять до не відновлюваних. Відповідно до звіту експертної комісії Інституту світових ресурсів (ICR) у Вашингтоні, запаси нафти почнуть виснажуватися вже до 2007 року. ICR не поділяє широко поширену оптимістичну думку про те, що при збереженні сучасних темпів споживання нафти вистачить ще на 50 років, адже заяви багатьох нафтовидобувних компаній щодо своїх запасів викликають великі сумніви. За оцінками деяких закордонних експертів, світові запаси нафти становлять 1800-2300 млрд. барелів. Як тільки ресурси нафти почнуть зменшуватися, підвищення собівартості та трудомісткості видобутку неминуче призведуть до

1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ІЗ ТЕМАТИКИ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

1.1 Перспективи застосування енергозберігаючих технологій в Хмельницькій області

Доцільність використання сонячної енергії на території Хмельницької області зумовлюється середніми рівнями енергії сумарної сонячної радіації та наявністю власної розвинутої промислової інфраструктури, підготовленої значною мірою для швидкої організації виробництва сонячних енергетичних установок, в першу чергу сонячних колекторів, систем пасивного сонячного обігріву будівель, гарячого водопостачання та опалення, комбінованих сонячно-паливних котелень[2].

Потенціал сонячної енергії на території Хмельницької області у МВт-год./рік складає:

загальний потенціал - $24,3 \cdot 10^9$;

технічний потенціал - $11,6 \cdot 10^7$; -доцільно-економічний потенціал - $1,8 \cdot 10^5$

(180 млн кВт-год/рік).

Обсяги фінансування заходів по сонячній енергетиці в Україні складають 205 млн гривень[1].

Планом спорудження в регіонах України енергетичних об'єктів запропоновано будівництво у 2001-2002 рр. в Хмельницькій області 20 сонячних колекторних систем гарячого водопостачання площею по 100 м^2 , для фінансування будівництва яких необхідно 1100 тис. грн з фондів енергозбереження, охорони довкілля і місцевих бюджетів[3].

Варіанти технологій сонячного опалення та підігріву води нині почали застосовуватись у житловому будівництві. У сфері розвитку фотоелектричної

В Україні є значний досвід у розробці, виробництві та впровадженні систем з використанням теплових насосів. Але їх широке застосування, як вітчизняного, так і імпортного обладнання, стримується в умовах економіки України через брак фінансування, невідповідність тарифів на електроенергію та обладнання теплових насосів, а також адміністративні обмеження, що перешкоджають оптимізації використання електроенергії для обігріву новостворених об'єктів, включаючи випадки використання теплових насосів.

На підприємствах різних галузей в Україні працюють десятки теплонасосних установок загальною тепловою потужністю приблизно 10 МВт. Останнім часом спостерігається значний ріст інтересу до використання теплових насосів, особливо в безперервних технологічних процесах, таких як сушіння, випарювання, опалення приміщень, з використанням енергії та оборотних систем водопостачання.

Найбільше значення для енергетики має перспектива розбудови потужних теплонасосних станцій (ТНС), що використовують низькопотенційну енергію очищених стічних вод великих міст, води річок та озер. Наприклад, у місті Хмельницькому, де проживає близько 300 тисяч осіб, потенціал теплонасосних станцій на стічних водах оцінюється в 20 МВт. Це дозволить зменшити використання палива для систем теплопостачання на 30 тисяч тонн умовного палива.

На Кам'янець-Подільській ТЕЦ доцільно розглянути утилізацію відпрацьованого тепла за допомогою теплових насосів. Важливою складовою розвитку теплофікації є теплонасосні станції, інтегровані в теплові мережі, які здатні збільшити теплову потужність існуючих систем теплофікації на 5-10 %, а також забезпечити економію палива до 5 %.

На системах опалення підстанцій електричних мереж з напругою 110 та 35 кВ в області споживається чимало електроенергії. Водночас, використання теплових втрат трансформаторів від трансформаторної оливи з темпе-

ратурою 20-40 °С через теплові насоси дозволить цілковито задовольнити потреби підстанцій у тепловій енергії для обігріву та гарячого водопостачання. При цьому з теплових втрат трансформаторів можливо утилізувати до 5 млн кВт·год./рік, що сприятиме значній економії електричної енергії. За умови наявності зовнішніх споживачів теплової енергії, масштаби утилізації скинутого тепла трансформаторів можуть бути ще більшими.

Державний науково-дослідний інститут нетрадиційної електроенергії (ДНДІ НЕЕ) та ВАТ «ВІТ» передбачають розробку установок, що не вимагатимуть підключення до масляної системи трансформатора та дадуть змогу застосовувати широко використовувані теплові насоси типів «вода-вода» та «вода-повітря». Значна частина виробничих та адміністративних будівель в організаціях різноманітних форм власності, зокрема тих, що використовують для теплопостачання електричну енергію, передбачається забезпечити теплонасосними установками або реверсивними кондиціонерами, котрі утилізують скидну енергію або енергію довкілля.

У подібних системах може бути використане вітчизняне теплонасосне обладнання, таке як НТ-9, НТ-40, НКВ-60 виробництва Мелітопольського ЗХМ (АТ «Рефма»), НКВ-7 5 від НВП «Інсолар» з Харкова, разом з тепловими насосами та реверсивними кондиціонерами від іноземних виробників. Аналіз споживачів електроенергії у регіоні дозволяє оцінити обсяги використання електрики для потреб обігріву. Відповідно до підрахунків, для опалення та гарячої води застосовується приблизно 50 тисяч офіційно зареєстрованих електронагрівальних пристроїв та установок, загальною потужністю у діапазоні 60-80 МВт, з річним споживанням електричної енергії, яке може сягати 0,1 млрд кВт·год. Раціоналізація використання цих споживачів може принести значну користь для енергетичного сектору. Заміна половини електричних нагрівальних установок тепловими насосами сприятиме скороченню щорічного споживання електроенергії на 15-20 млн кВт·год. Зважаючи на

За умови наявності низькопотенційного джерела тепла з досить високою температурою, обсяг тепла, що передається споживачу, в декілька разів перевершує обсяг енергії, споживаної для роботи компресора.

Співвідношення корисної теплової енергії до витрат на роботу компресора визначається як коефіцієнт перетворення ТН, який в типових теплонасосних системах може бути 3 і більше.

Використання теплових насосів особливо вигідне в системах водяного опалення з повітряними чи підлоговими контурами, де температура конденсатора зазвичай не перевищує 35-40° С.

Завданням корисної моделі [БРМА 25.00.00.000 ДО, рисунок 1] є створення нового теплового насоса, який дозволить досягти технічного результату - збільшення функціональності, економічності та підвищення ресурсу ключових компонентів.

Поставлена мета реалізується завдяки тому, що у багатофункціональному теплому насосі, до складу якого входять компресор для циркуляції робочої рідини, три теплообмінники (конденсатор, випарник), два пристрої для створення потоку охолоджувального середовища, система управління, фільтри та трубопроводи, особливим чином виділені конденсатор-підігрівач та випарник-охолоджувач робочого тіла. До того ж, конденсатор-підігрівач містить компресор, теплообмінник та пристрій для регулювання потоку, а випарник-охолоджувач включає теплообмінник і пристрій регулювання потоку. В якості пристрою для регулювання потоку використовується вентилятор, а система керування складається із системи контролю та захисту, а також регулюючої арматури, включаючи багатопозиційний клапан-перемикач режимів, виконаний у вигляді соленоїдного вентиля, та чотири двопозиційні соленоїдні вентиля.

Основними характеристиками заявленого пристрою є:

-- компресор для переміщення робочої речовини;

Заявлений багатофункціональний тепловий насос (далі у тексті - БТН) включає в себе наступні основні вузли:

- два нагнітачі витрати 1 та 9 (вентилятори);
- конденсатор 2;
- три теплообмінники 3, 5 і 7;
- компресор 4;
- багатопозиційний клапан-перемикач режимів, виконаний як соленоїдний вентиль 6;
- випарник 8;
- дросель 10;
- чотири двопозиційні соленоїдні вентиля 11-14;
- програмно-комутуючий керуючий пристрій.

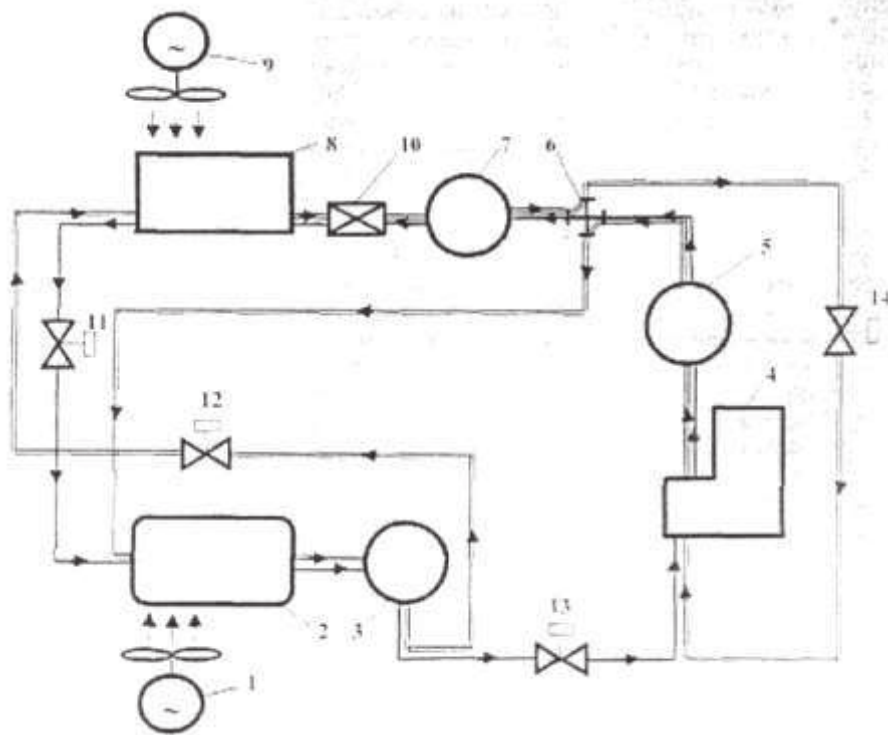


Рисунок 1.1 – Багатофункціональний тепловий насос

-Особливістю БТН, яка містить компресор 4, що перекачує робоче тіло, трьох теплообмінників 3, 5 та 7, конденсатор 2, випарник 8, два пристрої ре-

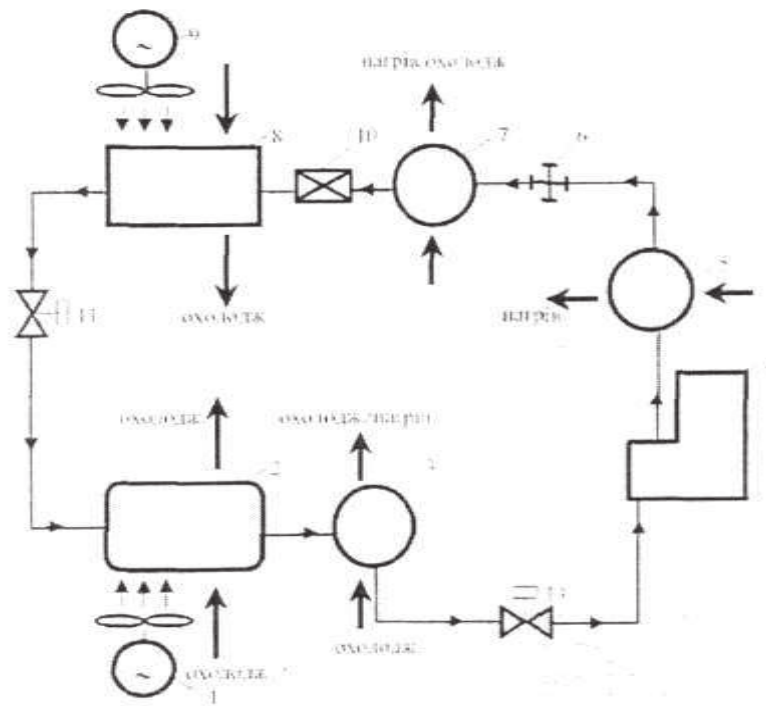


Рисунок 1.2 – Багатофункціональний тепловий насос у режимі «літо»

Нагріта випаровувачем 8 пара робочого тіла додатково охолоджується у конденсаторі 2 та теплообміннику 3 перед тим, як потрапити до компресора 4.

Включені у схему теплообмінники 3 та 7 є програмованими і відповідно до температури навколишнього середовища та обраного режиму експлуатації або доохолоджують робоче тіло, постачаючи додаткове корисне тепло споживачеві, або підігрівають його, забезпечуючи зниження температури, що покращує робочий цикл.

Теплообмінник 5 завжди охолоджує робоче тіло, що дає дві переваги вдосконаленому циклу: зменшення навантаження на насос 9 та забезпечення додаткового теплоснімання теплообмінника 5.

Програмовані теплообмінники 3 та 7 оптимізують роботу компресора 4, зводять до мінімуму роботу стискання та навантаження на насос 1.

Зима (рисунок 1.3)

Основний цикл роботи теплового насоса для режиму «Зима» передбачає отримання тепла у випарнику 8 при дроселюванні стисненої компресором 4 та охолодженої у теплообмінниках 5 та 7 пари робочого тіла.

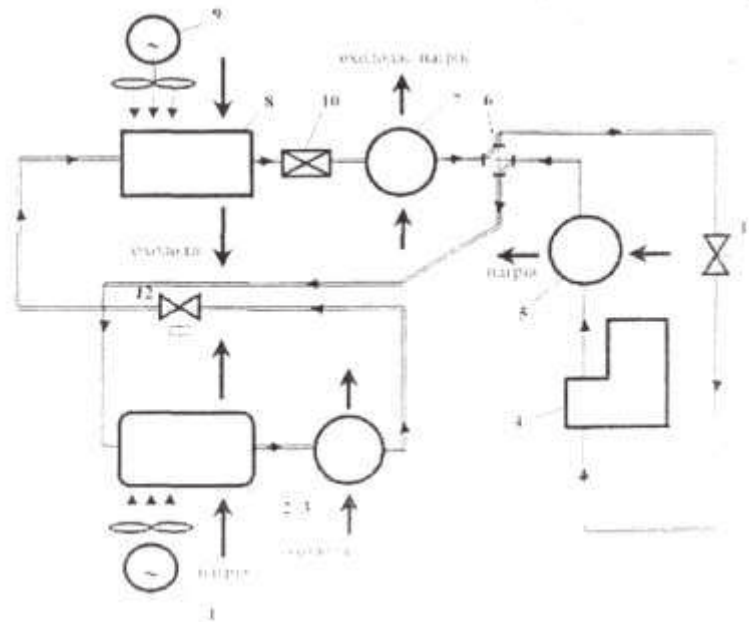


Рисунок 1.3 – Багатофункціональний тепловий насос у режимі «зима»

Водночас робочий агент, пройшовши теплообмінник 5, прямує до перемикаючого клапана 6, а звідти спершу потрапляє в конденсатор 2, теплообмінник 7, де здійснює корисну роботу програмного нагрівання.

У теплообміннику 3 пари робочого агента догріваються до необхідної температури, використовуючи роботу стиску в компресорі 4, при цьому теплообмінник 5 не змінює своєї функції.

Рух робочого агента визначається схемою: випарник 8 - теплообмінник 3 - компресор 4 - теплообмінник 5 - конденсатор 2 - теплообмінник 7 - випарник 8.

У будь-якому режимі – «зима» чи «літо» – дросель 10 завжди управляється програмно, при цьому в режимі «літо» двопозиційні соленоїдні вентиля

римка температури теплообмінної поверхні, яка не повинна опускатися нижче 7°C. В іншому випадку, для безперебійної роботи системи, необхідно передбачити заходи для уникнення дефростації, такі як періодичне вимкнення установки або застосування пристроїв для підігріву теплообмінних поверхонь.

В основу корисної моделі [БРМА 25.00.00.000 ДО, рисунок 2] покладено мету вдосконалення теплової установки. Це реалізується через відбір тепла низькопотенційним теплоносієм із зони тепловиділення згаслого нагрітого терикону. Кількість відібраного тепла має бути достатньою для транспортування на певну відстань до місця перетворення низькопотенційного тепла на високопотенційне, підтримуючи стабільні параметри процесу та ефективну роботу пристрою, незалежно від сезонних змін погоди та навколишнього середовища. Все це веде до збільшення енергетичної ефективності теплонасосної установки.

Поставлене завдання вирішується в теплонасосній установці. Остання містить взаємопов'язані замкнені контури: низькопотенційного теплоносія, робочого тіла та теплопостачання. Згідно з винаходом, замкнений контур низькопотенційного теплоносія виконано у вигляді ґрунтового теплообмінника. Останній складається з послідовно з'єднаних: наскрізної труби, визначеної довжини і діаметра, транспортного трубопроводу, теплообмінника контактного типу, датчика рівня температур та циркуляційного насоса. Наскрізню трубу розміщено в горизонтальному розрізі основи згаслого нагрітого терикону, котрий розташовано на значній відстані від споживача.

Замкнений цикл низькотемпературного теплоносія реалізовано як ґрунтовий теплообмінник, що включає послідовно з'єднані елементи: трубу наскрізню, певної довжини та діаметру, транспортувальний трубопровід, теплообмінник контактного типу, температурний датчик і циркуляційний насос. Таке рішення дозволяє організувати контур з безперервним відбором тепла із

зони тепловиділення терикона і підтримувати стабільні, оптимальні параметри роботи теплового насоса за будь-яких сезонних коливань, забезпечуючи при цьому підвищену ефективність процесу.

Наскрізню трубу прокладено горизонтально в основі терикона, що поступово охолоджується, розташованого на значній відсталі від місця споживання. Це дає змогу транспортувати відібране тепло на велику відстань, незважаючи на тепловтрати при транспортуванні, аж до місця перетворення з низького потенційного рівня на більш високий рівень, при забезпеченні ефективної роботи теплового насоса в безпосередній близькості від споживача.

Тепловий насос має три замкнені кола: I – коло низькотемпературного теплоносія, II – коло робочого тіла, III – коло теплопостачання. Коло I містить ґрунтовий теплообмінник, який включає в себе крізню трубу 1, що має задану довжину I. та діаметр й, розміщену в горизонтальному розрізі основи погашеного нагрітого терикона 2, теплообмінник 3 контактного типу, трубопровід холодної води 4, циркуляційний насос 5, датчик 6 для вимірювання температури, а також транспортний трубопровід 7. Коло II складається з теплообмінника-випарника 8, компресора 9, конденсатора 10 та регулюючого дроселя 11, які з'єднані послідовно. Коло III включає в себе споживача теплопостачання 12, циркуляційний насос 13 та з'єднувальні трубопроводи. Коло низькопотенційного носія I сполучено з колом робочого тіла II через теплообмінник-випарник 8, а коло II, в свою чергу, з'єднане з колом теплопостачання III за допомогою конденсатора 10.

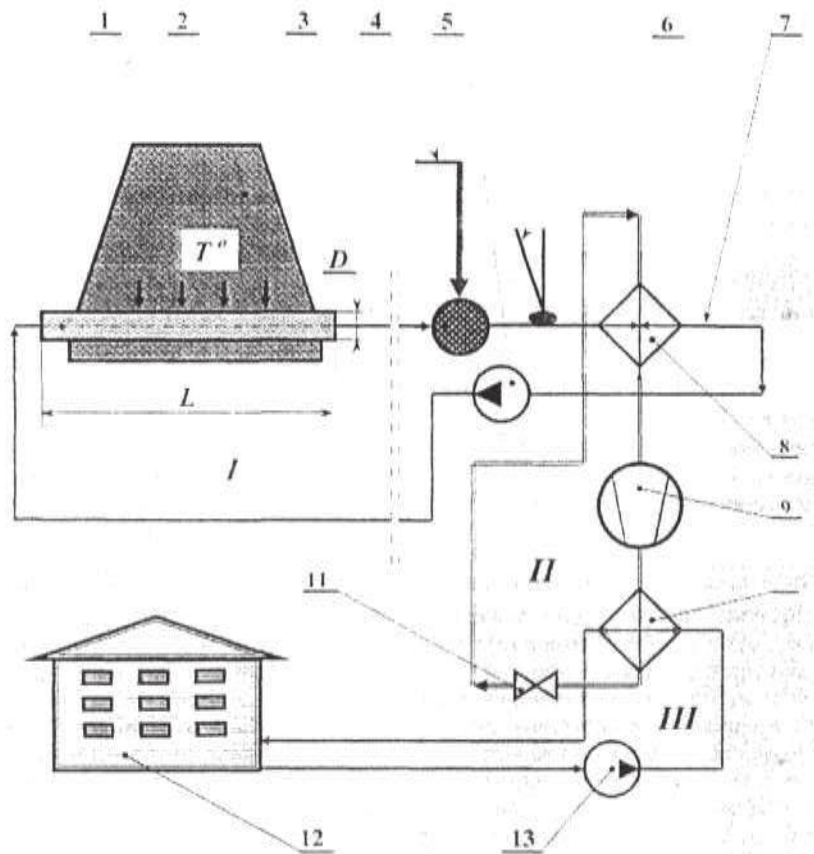


Рисунок 1.4 – Теплонасосна установка

Робота теплонасосної установки реалізується таким чином.

У контурі I по трубі 1, що прокладена у горизонтальному перетині основи згаслого нагрітого терикона 2, транспортному трубопроводу 7, теплообміннику 3 контактного типу, за допомогою насоса 5 циркулює низькопотенційний теплоносіє, як приклад, технічна вода, що нагрівається, поглинаючи тепло ґрунтового масиву терикона 2. Температуру теплоносія після контактного теплообмінника 3 відстежує датчик 6 рівня температур. Відповідно до класифікації, згаслі нагріті терикони мають внутрішню температуру T° вище 35°C , яка стабільно зберігається протягом багатьох десятиліть. Це пояснюється великою енергоємністю теплоакумулювальної властивості териконів, об'єм котрих сягає кілька сотень тисяч і більше мільйона кубічних метрів ві-

двальних порід, у складі яких горючі речовини становлять 15-30% від загального об'єму терикона. Ця особливість дозволяє транспортувати енергію низькопотенційного теплоносія на великі відстані від терикона 2 і, таким чином, максимально наблизити контур робочого тіла II, тобто тепловий насос до споживача теплопостачання 12. Транспортний трубопровід 7 з підігрітою водою з'єднаний з теплообмінником-випарником 8 контуру II, в якому за допомогою компресора 9 циркулює робоче тіло – ознобезпечний фреон.

За рахунок теплової енергії, зібраної у териконі 2 та транспортованої до випарника-теплообмінника 8, фреон перетворюється на пару та прямує до компресора 9. Там, внаслідок стиснення, збільшуються тиск та температура пари фреону. Далі, гарячий фреон надходить до конденсатора 10, де відбувається передача теплової енергії теплоносію (технічній воді) в контурі опалення III, і фреон конденсується. Нагріта технічна вода насосом 13 подається до споживачів 12, для опалення та гарячого водопостачання. Після цього фреон проходить через дросель 11, що регулює тиск, знижуючи його до значення, при якому можливе випаровування в теплообміннику 8. Фактично, змінюючи фази, фреон циркулює в замкненому контурі II, передаючи тепло від контуру I до контуру III. Оптимальний коефіцієнт перетворення енергії більшість сучасних теплових насосів з компресором показують в діапазоні температур 20-35°C. Якщо датчик 6 фіксує, що температура низькопотенційного теплоносія, який входить у випарник-теплообмінник 8, перевищує допустиму, відбувається підмішування холодної води з лінії 4 в контактному теплообміннику 3, знижуючи температуру до необхідної. Взимку витрати холодної води можуть бути зменшені або зовсім відсутні.

Виходячи з наперед визначеної температури відпрацьованого гарячого терикону T, його просторових параметрів та ваги, а також віддаленості від терикона 2 від кінцевого користувача 12, обчислюється довжина I та попере-

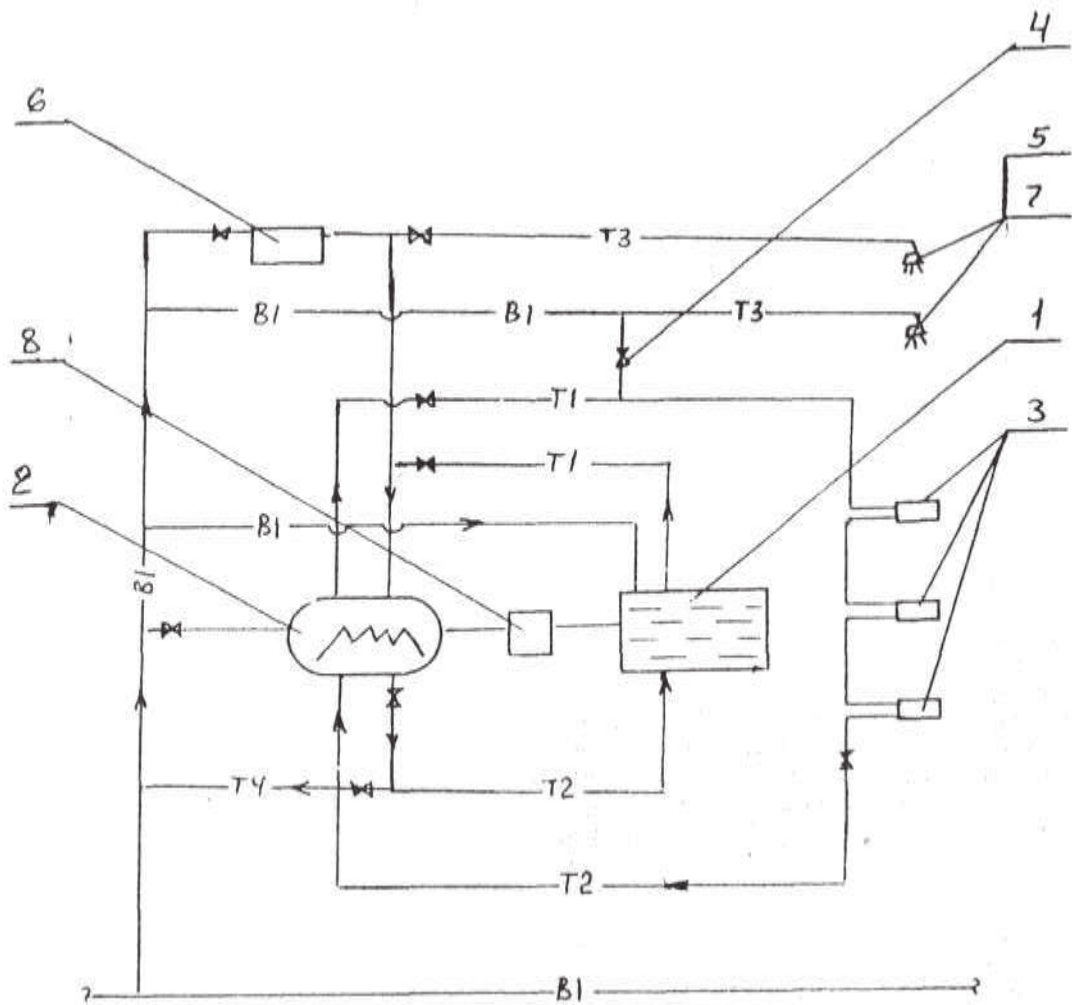


Рисунок 1.5 Принципова схема роботи установки для опалення й гарячого водопостачання

Установка містить безполумєневий котел-акумулятор 1, який з'єднано з тепловим насосом 2. Тепловий насос 2 під'єднано до опалювальної системи 3, а також через перемичку 4 до системи гарячого водопостачання 5. До теплового насоса 2 також приєднаний сонячний водонагрівач 6, інтегрований у систему гарячого водопостачання, яка складається з двох потоків 7 і 5. Потік 7 з'єднаний безпосередньо з сонячним водонагрівачем 6, а потік 5 - через тепловий насос 2. Усі компоненти установки підключені до системи керування 8. Монтаж установки здійс-

снюється у підвальному приміщенні будівлі або на першому поверсі в окремому приміщенні.

Функціонування установки відбувається наступним чином.

В безполуменевий котел-акумулятор 1 спершу подається холодна вода (В1), де вона нагрівається до температури 40-50°C. Нагріта вода (Ті) надходить до теплового насосу 2, у якому відбувається вилучення тепла, його накопичення та підігрів проточної води (В1), яка поступає до теплового насосу 2, до температури 80-95°C (теплоносій). Охолоджена після вилучення тепла вода (Тг) повертається в безполуменевий котел-акумулятор 1 для повторного підігріву та наступної подачі (Ті) в тепловий насос 2, формуючи замкнений тепловий контур. Отриманий теплоносій (Ті) подається в опалювальну систему 3 будівлі. Зворотна вода (Тг) від опалювальної системи 3 будівлі, з пониженою температурою (60-70°C), надходить до теплового насоса 2 для підігріву до 80-95°C, що досягається за рахунок тепла, отриманого від котла-акумулятора 1.

Через регульовану перемичку, четверта частина теплоносія (Тн) з теплового насосу 2 прямує до системи гарячого водопостачання 5 взимку, де змішується з холодною водою (В1), забезпечуючи потреби в господарстві та в душових.

Влітку, коли опалення 3 відключене, а безполум'яний казан-акумулятор 1 не працює, активують альтернативне джерело тепла - сонячний водонагрівач 6. У нього надходить холодна протічна вода (В1), нагрівається до 50-60°C, та надходить в систему гарячого водопостачання (7, 5) в літній період. Одна частина підігрітої води (Тз), з температурою 50-60°C, направляєється в душові 7, інша проходить через тепловий насос 2 для додаткового нагріву і подається як гаряча вода (Тз) на господарські потреби 5. Охолоджена вода (ТА) повертається назад в сонячний водонагрівач 6, формуючи замкнутий цикл.

зоні 80-120°C, що дає змогу провести регенерацію адсорбенту за рахунок глибшого охолодження димових газів. У процесі теплота конденсації газів холодоагенту акумулюється в тепловому акумуляторі, а під час зупинки котла використовується як низькотемпературне джерело для випаровування парів холодоагенту у випарнику, котрі спрямовуються до адсорбера. Теплота адсорбції, що вивільняється при поглинанні парів холодоагенту, скеровується до системи опалення.

Отже, запропонована система сприяє зменшенню споживання пального та періоду функціонування паливного котла. До того ж, акумуляція теплоти конденсації в тепловому акумуляторі з подальшим її застосуванням як незмінного джерела низькотемпературного тепла для забезпечення роботи теплового насоса суттєво збільшує надійність функціонування автономної системи водяного опалення (як відомо, у системах опалення з використанням адсорбційних теплових насосів чи не основною трудностю є віднаходження стабільного джерела низькопотенційного тепла взимку) [БРМА 25.00.00.000 ДО, малюнок 4].

На малюнку 1.6 представлено принципову схему запропонованої автономної системи водяного опалення споруд.

Система містить паливний котел 1 з димарем 2, розширювальний бак 3, обігрівачі 4, подавальний 5 і зворотний 6 магістральні трубопроводи. Також, система автономного водяного опалення споруд містить адсорбційний тепловий насос, який складається з'єднаних трубами адсорбера 7 з теплообмінником 8 для відведення тепла адсорбції, конденсатора 9, ресивера 10 з запірним клапаном 11, випарника 12 та акумулятора тепла 13. Адсорбер розміщено в димарі котла 2 за поверхнею нагрівання 14, а конденсор 9 та випарник 12 - у внутрішньому просторі акумулятора тепла 13. До того ж, на водопроводах опалення встановлено вентилі 13, 16, 17, 18, а на паропроводі, що з'єднує адсорбер 7 і конденсатор 9 теплового насоса, є вентиль 19.

Додатково зазначимо, що як акумулятор тепла 13 може бути застосований теплоаккумулятор будь-якої конструкції, який забезпечує температурний режим низькопотенційного джерела тепла, потрібний для функціонування теплового насоса.

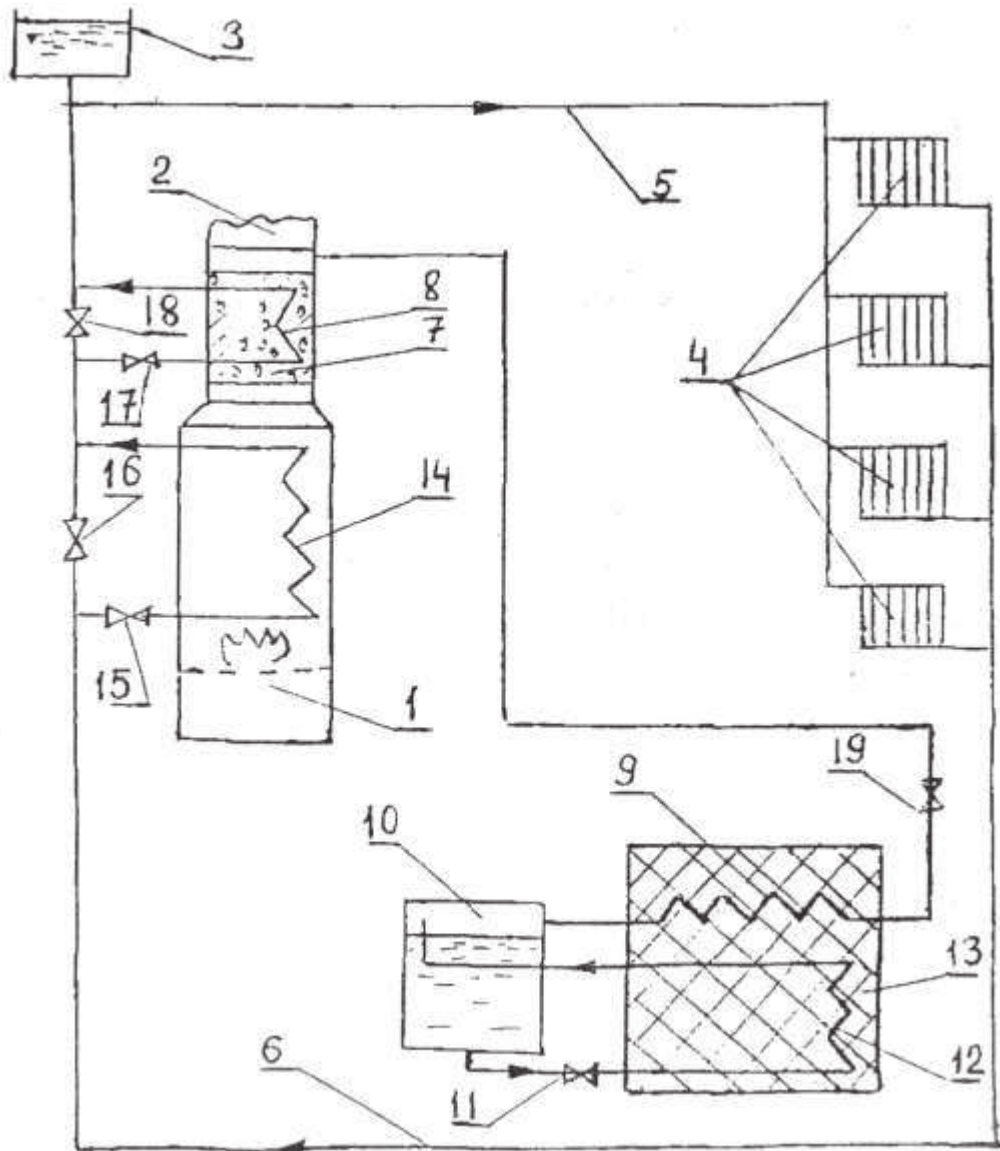


Рисунок 1.6 – Автономна система водяного опалення будівель

Автономна система водяного опалення будівель функціонує у двох станах.

Стан 1. У процесі згоряння палива в топці котла 1, димові гази нагрівають зворотну воду опалювальної системи, яка надходить по лінії 6 до на-

грівальної поверхні 14. Підігріта вода по лінії 6 подається до нагрівальних приладів 4, забезпечуючи потрібним теплом приміщення. Охолоджена вода по зворотному трубопроводу 6 повертається назад у котел 1. Водночас, вентилялі 15 та 18 відчинені, а 16 і 17 - закриті. Крім безпосереднього забезпечення роботи системи опалення, в цьому стані відбуваються процеси регенерації сорбенту в адсорбері 7, акумулювання тепла в акумуляторі 13 та накопичення холодоагенту в ресивері 10. Це реалізується наступним чином. Гази, які все ще мають достатню температуру, прогрівають сорбент в адсорбері 7, який розміщено у димоході 2. При цьому, в сорбенті випаровуються пари холодоагенту, які через відчинений вентиль 19 спрямовуються до конденсатора 9, де конденсуються і накопичуються у ресивері 10 (вентиль 11 закритий). Теплота конденсації акумулюється робочою речовиною акумулятора 13. Коли весь холодоагент перейде до ресивера 10, вентиль 19 можна перекрити, і система буде готова до функціонування у другому стані, що відбувається без спалювання палива в котлі.

Режим 2. Для активації цього режиму відкриваються вентилялі 11 та 19. У цей час холодоагент з ресивера 10 переходить у випарник 12, де закипає через тепло, зібране в акумуляторі 13. З випарника 12 пари холодоагенту прямують до верху ресивера 10, а потім, через конденсатор 9 та відкритий вентиль 19, рухаються до адсорбера 7, де поглинаються сорбентом. Тепло, яке вивільняється в процесі адсорбції парів холодоагенту сорбентом, відводиться в систему опалення. Це відбувається наступним чином: охолоджена вода з зворотної лінії системи опалення 6 нагрівається в теплообміннику 8 адсорбера 7 і далі, по прямій лінії 5, подається до нагрівальних приладів 4, потім повертається у зворотню лінію 6 та знову до теплообмінника 8. Вентилі 16 та 17 відчинені, а 19 та 18 закриті.

Запропонована автономна система водяного опалення споруд дозволить зменшити витрати палива та часу на обслуговування котла, демон-

2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ

2.1 Опис конструкції енергозберігаючої системи

В основі винаходу лежить завдання самозабезпечення житла енергією. Мета - збільшити ефективність використання відновлюваних ресурсів для створення оптимальних умов мікроклімату.

Завдання вирішується за допомогою таких рішень: будівля розташована на масивному фундаменті. Водогрунтовий акумулятор розміщено біля основи культивацийних споруд, що прилягають до будинку. Він з'єднаний циркуляційним контуром з тепловим насосом абсорбційного типу. Генератор насоса обладнано автономним теплоелектричним акумулятором з термосифонами. Останні підключено через блок керування до електромережі вітрово-енергетичної установки. Абсорбер та конденсатор теплового насоса з'єднані циркуляційним контуром, який паралельний циркуляційному контуру сонячних колекторів. Все це підключено до бака-акумулятора гарячої води, всередині якого розташовані термосифони. Розвинута поверхня термосифонів разом з вентилятором та приточно-витяжними каналами включена до автоматизованої системи кондиціонування повітря, що регулює мікроклімат. Система оснащена датчиками теплового комфорту у приміщеннях будинку та культивацийних спорудах, а також датчиками параметрів навколишнього середовища та технологічних енергоносіїв. Функціонування системи забезпечує обчислювальний комплекс та міні-ЕОМ, що здійснює управління.

На кресленні БРМА 25.00.00.000 ДІ представлено енергозберігаючий житловий будинок та принципову схему використання відновлювальних джерел енергії для кондиціонування мікроклімату. На масивному фундаменті 1

зведено житловий будинок 2 з гаражем 3, де розміщено енергетичне обладнання - тепловий насос абсорбційного типу 4, бак-акумулятор гарячої води 5, сонячні модулі та програмно-обчислювальний комплекс 7 з керуючою міні-ЕОМ 8. Блок сонячних колекторів 9, що знаходиться на даху будинку, з'єднаний циркуляційним контуром 10 з баком-акумулятором.

Паралельно до цього контуру бак-акумулятор з'єднаний також циркуляційним контуром 11 з абсорбером 12 та конденсатором 13 теплового насоса. Випарник останнього, 14, циркуляційним контуром 15 з'єднується з довгими трубами 16, що прокладені під культивацийними спорудами 17, де застосовується інтенсивна технологія вирощування культур. Ці споруди обладнані системою повітряного кондиціонування мікроклімату 18, яка враховує показання датчика теплового комфорту рослин 19, і також мають освітлювачі 20.

Тепло від баку-акумулятора гарячої води транспортується термосифонами 21 до системи кондиціонування повітря, що забезпечує мікроклімат у житлових приміщеннях, з вентилятором 22, припливно-витяжними каналами 23, 24 та сенсорами теплового комфорту 25 для мешканців. Тепловий насос живиться від автономного електротеплового акумулятора, інтегрованого в електромережу 27 нестабілізованої напруги 28 вітрової електростанції через модуль керування 29 з акумуляторними батареями 30.

До програмно-обчислювального комплексу 7 підключено інформаційно-вимірювальну систему з датчиками навколишнього середовища 31, технологічних енергоносіїв 32, а також датчиками теплового комфорту у приміщеннях будинку 25 та в культивацийних спорудах 19.

Функціонування енергоактивного житлового будинку реалізується ось так. В зимовий період року теплоносій, що циркулює трубами 16 значної протяжності, виготовленими з теплопровідного матеріалу, зануреними в

грунт під культивацийними спорудами 17, нагрівається від ґрунту до 10-30 градусів та насосом 15 направляється у випарник 14 теплового насоса, де передає тепло О.о і охолоджується на 7-9 градусів. Водо-ґрунтовий акумулятор тепла конструктивно виконується з пластикових труб Ду=25-16мм у вигляді сітки з кроком 0,5-0,6м, закладених в глину або гірські породи на глибину 1,5-2,0м.

Застосування глини, як накопичувача тепла, пов'язане з можливістю зменшення опору ґрунту до зсуву та усадки, тому фундамент 1 житлового будинку 2 та культивацийних споруд 17 повинні бути масивними і тепло-гідро-ізольованими, скажімо, піносклом. Окрім того, потрібно враховувати вимоги сейсмостійкості до будівель в конкретній місцевості.

За експериментальними свідченнями, у Швеції для будівлі з тепловою потужністю 10 кВт в теплоакумуляторі потрібно 300-400 погонних метрів труб, розміщених на площі 300-400 кв.м. Рекомендовано закладати V-подібні труби чи шланги в щілини діаметром 100-220 мм та глибиною 20-70 м. Параметри чарунки сітки свердловин визначаються їх діаметром, тривалістю розрядного режиму та теплопровідністю ґрунту. Імовірність зміщення і усадки, а також площа ґрунту, необхідна для щілин теплового акумулятора, значно зменшуються.

В генератор 26 теплового насосу через автономний електротепловий акумулятор з термосифонами подається теплота середнього потенціалу Ог при температурі 80-140 градусів з електромережі 27, в яку ввімкнуті сонячні батареї 8 з інвертором напруги 28 та електроприводи циркуляційних насосів 10, 11, 15, вентилятора тепло генератора 15 та освітлювачів 20. Автономний електротепловий акумулятор може бути твердотільним, хімічним, або на основі використання теплоти фазового переходу відповідних температурі матеріалів, наприклад, парафіну. Для стійкої роботи генератора теплового на-

плогового насоса на продукування тепла з температурним діапазоном води 35-45 градусів Цельсія, та технологічного холоду з параметрами води 7-9 градусів Цельсія. Ці ресурси задіюються: перший — для підігріву ґрунту під культивуаційними об'єктами; другий — для регулювання мікроклімату в приміщеннях житлового будинку і культивуаційних спорудах. Монтажний план сонячних модулів, що знаходяться на покрівлі енергоощадного будинку, представлено на аркуші БРМА 25.00.00.000 МК.

2.2 Визначення параметрів ланцюга споживання

Електроприлади для дому, що є найбільш потрібними, подаємо у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Перелік споживаної потужності побутовими приладами протягом дня

Потужність змінного струму	Ват	х	годин/день	=	Вт*г/день
TV-21"	70	х	6	=	420
Праска	1000	х	0.5	=	500
Насос	300	х	4	=	1200
Холодильник	200	х	15	=	3000
Лампи розжарювання	200	х	2	=	400
Люмінесцентні	100	х	4	=	400

лампи					
Обігрівач	2000	x	3	=	6000
НВЧ піч	1000	x	1.5	=	1500
Комп'ютер	300	x	12	=	3600
Всього					17020

Аби візуалізувати зміни у споживанні потужності навантаження протягом доби, зобразимо функціонування споживачів у формі часових діаграм (рисунок 2.1).

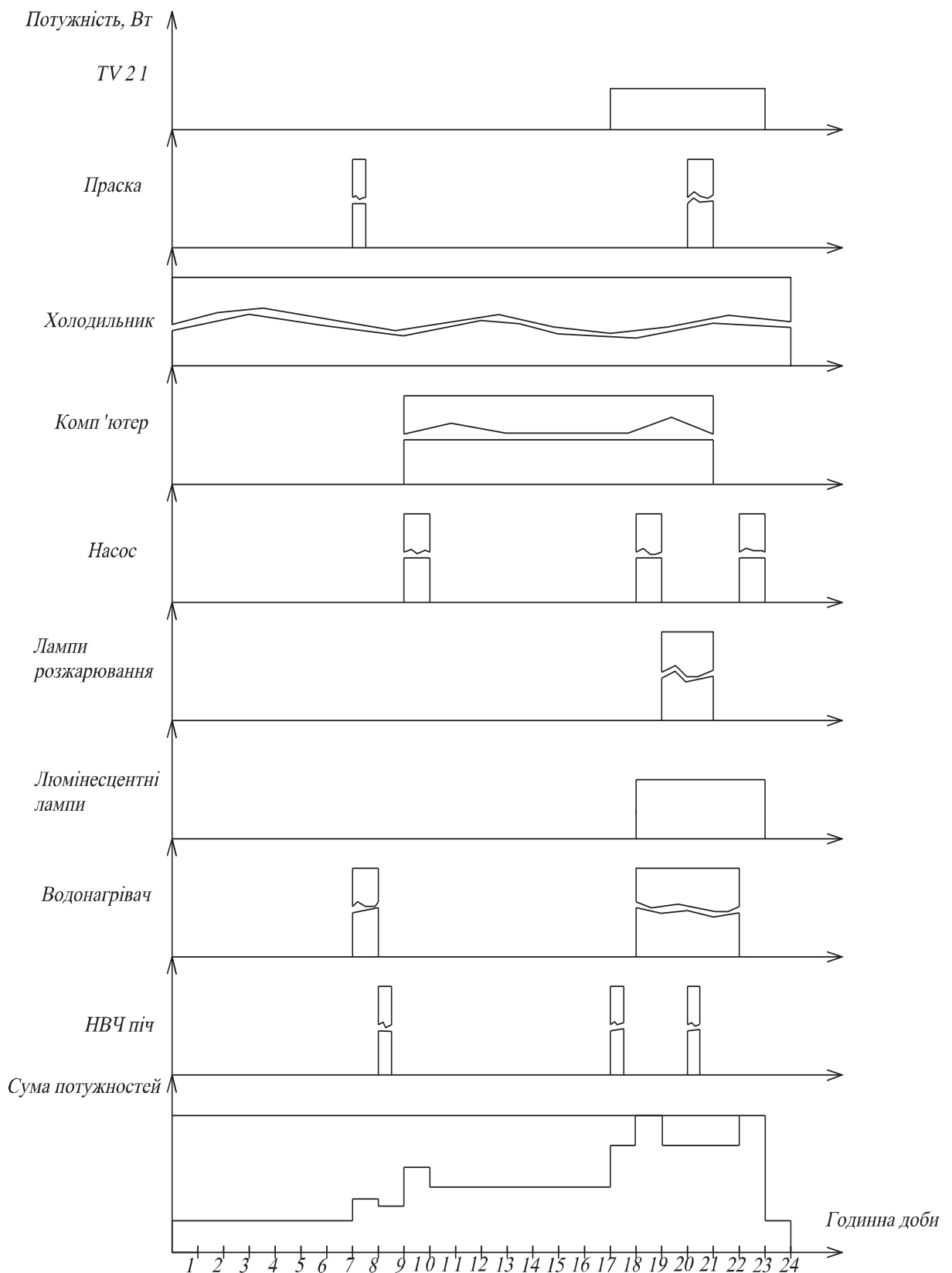


Рисунок 2.1 – Часова діаграма споживання електроенергії, побудована за даними таблиці 2.1

- - Захист акумулятора від надмірного розряду. Ця ж схема виступає індикатором напруги акумулятора. При напрузі 10В світлодіод VD1 згасає, при 15В світить на повну потужність;
- - Захист від неправильного підключення, тобто зміни полярності акумулятора;
- - Автоматичне перемикання на резервне живлення у разі зникнення напруги в мережі, та повернення до живлення від мережі з появою мережевої напруги.

Схема перетворювача у режимі очікування споживає близько 7 мА. Для реалізації системи безперебійного живлення, цей перетворювач необхідно доповнити автоматичним зарядним пристроєм, який буде заряджати та підтримувати у працездатному стані акумуляторну батарею (АБ). З'єднання перетворювача та зарядного пристрою з акумулятором має здійснюватися незалежними проводами.

Лічильник-розподільник K561IE8 має вхід скидання (13-ий вивід), високий рівень на якому переводить мікросхему у вихідний стан. У такому стані лічба припиняється, і усі виходи, окрім нульового (3-ій вивід), скидаються в нуль. Обидва вихідні транзистори VT1 і VT2 при цьому закриті, що блокує роботу перетворювача.

Схема аварійного блокування працює наступним чином. Конденсатор С3 заряджається через R7 до напруги живлення при відсутності імпульсів з виходу DD1.2 і подає логічну "1" на вхід блокування (вивід 13 DD2) через VD5. При нормальній роботі перетворювача, виводі 1 DD2 кожні 20 мс з'являється логічна "1", що через R6 відкриває транзистор VT3 і розряджає С3, не даючи тим самим спрацювати блокуванню.

Захист від перенапруги на батареї сконструйовано наступним чином: коли U_a перевищує 15 В, відкривається стабілітрон VD2. Струм, що проходить через R5, відкриває VT2 та видає логічну "1" через VD4 на вхід

блокування. Цей захисний механізм необхідний для запобігання поломці силових транзисторів. Щоб захистити всю схему, стабілітрон VD17 (KC515) необхідно підключити паралельно з C5. Така ситуація не виникне, якщо зарядний пристрій не під'єднано до перетворювача без акумулятора.

Забезпечення захисту АБ від глибокого розряду. Величина R2 визначається з метою, щоб за умови $U_a < 10,5$ В транзистор VT1 знаходився у закритому стані, світлодіод VD1 припиняв світіння, а через R8 та VD3 на вхід блокування надходила логічна "1". C2 використовується для уникнення блокування у випадках короткочасного падіння U_a .

Захист від помилкового підключення (переполюсовки) АБ. У разі виникнення аварійного блокування, на виводі 9 DD1.4 формується логічна "1", на виході DD1.4 - "0". Транзистор VT4 переходить у закритий стан, реле K1 звільняє і відключає АБ від силового контуру перетворювача. У ситуації переполюсовки під час підключення АБ, реле K1 не активується взагалі.

Автомат перемикавання на резервне живлення. Якщо є напруга в мережі (S2 замкнений), реле K2 активне, і контактами з'єднує навантаження напряму з мережею. Транзистор оптопари VU1 відкритий, та через R13 передає логічну "1" на вхід блокування. Перетворювач в цей час заблокований. У разі зникнення напруги в мережі, реле K2 відпускає, перемикаючи навантаження на вихід перетворювача. Транзистор оптопари закривається, і з'являється логічний "0" на виводі 5 DD1.3. Невелика "1" на виході DD1.3, позитивний імпульс відкриває транзистор VT3, розряджається C5, з входу блокування зникає "1", і перетворювач стартує, перетворюючи постійну напругу джерела GB1 або GB2. Подача напруги з мережі відбувається примусово вимикачем S2 залежно від споживаної потужності та роботи GB1.

Вимикач S1 у положенні "Увімкнено" дає змогу вимкнути перетворювач, коли, у разі відсутності напруги від GB1 у мережі живлення, цьо-

Сукупна кількість спожитого електричного струму становить 1702 А•год.

Середня кількість сонячних годин у цій місцевості – 4

Кількість ампер-годин, потрібна від сонячних батарей:

$$\gamma_{CB} = \frac{1702}{4} = 425,5 A * год. \quad (3.6)$$

Струм фотоелектричного модуля в точці найбільшої потужності становить 8 А. (Модуль має потужність 150 Вт, напруга 12 В).

Кількість модулів, що з'єднані паралельно:

$$N_m = \frac{\gamma_{CB}}{I_m} = \frac{425,5}{8} = 54 \text{ штук} . \quad (3.7)$$

Кількість послідовно з'єднаних модулів для досягнення необхідної вихідної напруги постійного струму:

$$N_m = \frac{12}{12} = 1 \quad (3.8)$$

Загальна кількість модулів:

$$N_{\text{заг}} = 54 * 1 = 54 \text{ штук}.$$

3.4 Опис функціональної схеми

Функціональну схему побутової геліоелектростанції подано на рисунку 3.1.

3.5.2 Обчислення вихідного трансформатора інверторно-контролюючого пристрою.

Вхідні дані: вхідна напруга 12 В, вихідна напруга 220 В, частота струму 50 Гц, тип магнітопроводу – броньовий (пластинчастий).

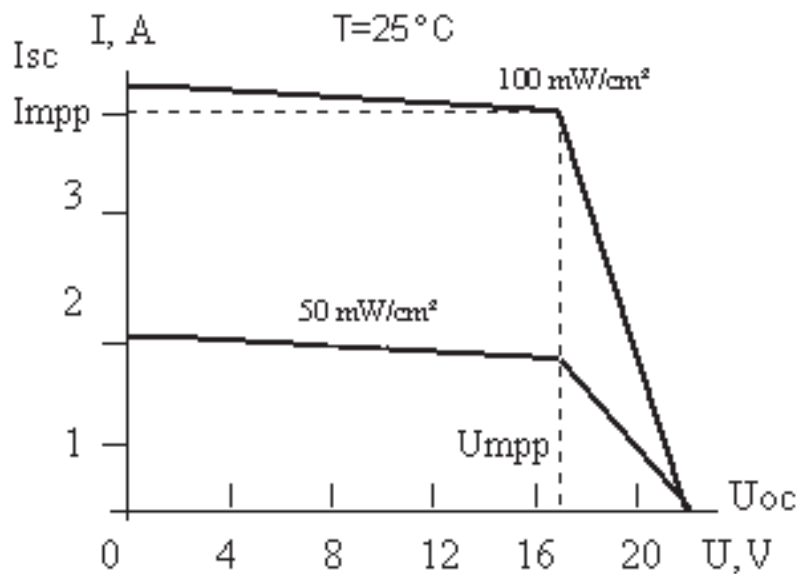


Рисунок 3.2 - Вольт-амперна характеристика модуля

Типова або габаритна потужність:

$$P_{min} = 1,11 \left(1 + \frac{1}{\eta \cdot \cos \varphi}\right) \times (f - \Delta f) \times B_m j k_b S_{ok} k_{zc} S_c \cdot 10^{-2}, \quad (3.9)$$

де B_m – величина індукції, $B_m = 5$;

j – густина струму в обмотках, $j = 3,4$;

k_m – коефіцієнт заповнення вікна, $k_m = 0,38$;

S_{ok} – активний переріз сталі, $S_{ok} = 0,5$;

k_{zc} – коефіцієнт заповнення магнітопроводу, $k_{zc} = 0,75$;

S_c – поперечний переріз сталі, $S_c=1,1$.

Тоді

$$P_{min} = 1,11(1 + \frac{1}{60 \cdot 0.8}) \times (50 - 10) \times 5 \times 3.4 \times 0.38 \times 0.1 \times 0.75 \times 0.5 \times 10^{-2} = 1000 \text{ Bm} .$$

Визначення числа витків первинної і вторинної обмоток проводимо за формулами:

$$\omega_1 = \frac{U - \Delta U_1}{4.44 B_m S_{cm} (f - \Delta f)} ; \quad (3.10)$$

$$\omega_{21} = \frac{U_{H2i} + \Delta U_{2s}}{4.44 B_m S_{cm} (f - \Delta f)} . \quad (3.11)$$

Абсолютні падіння напруги в обмотках ΔU_1 та ΔU_{2i} визначаються за формулами:

$$\Delta U_1 = \frac{\Delta U \% U}{200 \%} , \quad (3.12)$$

$$\Delta U_{2i} = \frac{\Delta U \% U_{H2i}}{200 \%} . \quad (3.13)$$

Тоді:

$$\Delta U_1 = \frac{60 * 12}{200 \%} = 3.6 ,$$

$$\Delta U_{2i} = \frac{60 * 220}{200 \%} = 66 ,$$

$$\omega_1 = \frac{12 - 3.6}{4.44 * 5 * 0.5(50 - 10)} = 188 ,$$

$$\omega_{21} = \frac{220 + 66}{4.44 * 5 * 0.5(50 - 10)} = 644 .$$

Визначаємо діаметр проводів обмоток за формулою:

$$d = 2\sqrt{I/\pi j} , \quad (3.14)$$
$$d = 2\sqrt{4.5/3.14 * 3.4} = 1.2 \text{ мм} .$$

3.6 Вибір теплового насоса для опалення житлових приміщень

При визначенні потрібної потужності теплового насоса для сучасного житла можна застосувати "залізну" формулу – на кожен квадратний метр площі слід враховувати 50 Вт для опалення. Отже, для будинку площею 160 м² необхідно обрати тепловий насос з потужністю 8,0 кВт. У разі, якщо є проект системи опалення, завжди слід орієнтуватися на спроектоване теплове навантаження. Для будинків з незвичайними архітектурними особливостями, скажімо, з великими вікнами, з конструкцією даху-стелі тощо, а також для просторих будинків радимо замовляти проект системи опалення та при виборі теплового насоса брати до уваги розраховану в проекті опалювальну потужність.

Існують різновиди парокомпресійних теплових насосів. Відповідно до низькотемпературного джерела тепла та нагріваного середовища, ТН класифікуються як: «вода-вода», «повітря-вода», «повітря-повітря», «вода-повітря». За типом компресорного обладнання їх поділяють на спіральні, поршневі, гвинтові та турбокомпресорні. За типом приводу компресора розрізняють електричні, з приводом від двигуна внутрішнього згоряння, газової або парової турбіни.

Як робоче тіло в цих машинах використовуються холодоагенти – переважно фторовмісні вуглеводні, або так звані фреони.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. О. Локсєєв Р.Л. Відновлювальні джерела енергії. Знання УРСР, №7, 2000, с.14-15.
2. А.с.20778 Багатофункціональний тепловий насос. Джамаль С.В., Катвалюк А.Л. Заявл.28.07.2006, опубл.15.02.2007, бюл.№2.
3. А.с.26973 Теплонасосна установка. Мацевитий Ю.М. та ін. Заявл.11.06.2007, опубл.10.10.2007, бюл.№2.
4. А.с.17540 Автономна установка для опалення і гарячого водопостачання. Книрик О.І., Зельцер В.А., Заявл.29.07.1996, опубл.31.10.1997, бюл.№5.
5. А.с.32681 Автономна система водяного опалення будівель. Наумов С.Є., Пісарев В.Є., Процишин Б.М., Заявл.12.01.1998, опубл.15.02.2001, бюл.№1.
6. «Розробка системи енергозабезпечення приватного будинку (Херсон)» — Петренко А. Є., ХНТУ, 2024.
7. «Розробка системи енергозбереження для житлових будинків з IoT-технологіями» — Роман М., ДУІКТ, 2024.
8. «Розробка автономної системи енергозабезпечення котеджного будинку» — Білікова І., ТНТУ ім. І. Пулюя, 2024.
9. «Розробка автономної системи енергозабезпечення приватного будинку» — Логінов М.В., Дніпро, 2022. Включає розрахунки електричної, теплової та накопичувальної ланки
10. Пархоменко І. В. Розробка систем автономного енергозабезпечення приватних будинків // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, 2022. [doi:10.30929/1995-0519.2022.3.10]

11. Мисак Г. Б. Автономне енергозабезпечення малоповерхового житлового будинку: досвід та перспективи // Енергетика та електрифікація, 2021.
12. Кудінов О. В. Проектування систем енергозабезпечення з використанням ВДЕ // Наукові праці ОНАХТ, №3(78), 2023.
13. Бойко О. І., Іщенко С. М. Системи комбінованого енергозабезпечення будівель // Сучасні проблеми архітектури та будівництва, 2021.
14. ДБН В.2.5-20:2017. Інженерне обладнання будівель і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Електропостачання. — [Нормативний документ України].
15. Концепція реалізації "зеленого переходу" в Україні до 2030 року, Міндовкілля України, 2021.
16. U.S. Department of Energy. Design and Implementation of Residential Energy Systems. Washington, 2020. <https://www.energy.gov>
17. IEA (International Energy Agency). Energy Efficiency 2023: Residential Sector Report. Paris: IEA, 2023. <https://www.iea.org>
18. Lund, H., & Mathiesen, B. V. (2016). Smart Energy Systems for Smart Cities. Energy, 115, 1471–1480. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.07.029>
19. Aly, M. E. et al. (2022). Techno-economic analysis of hybrid renewable energy systems for residential use. Renewable Energy, 181, 1121–1135.
20. Zhang, C., Wu, J., Zhou, Y., Cheng, M., & Long, C. (2018). Peer-to-peer energy trading in a microgrid. Applied Energy, 220, 1–12.

