

Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного господарства та природокористування

Кафедра теплогазопостачання,
вентиляції та санітарної техніки

03-02-399

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять, лабораторних робіт
та самостійної роботи з навчальної дисципліни
«Використання вторинних та відновлюваних
енергоресурсів у системах енергопостачання будівель»
для здобувачів вищої освіти другого (магістерського)
рівня за освітньо-професійною програмою
«Енергетична ефективність будівель та обстеження
інженерних систем» спеціальності
192 «Будівництво та цивільна інженерія»
усіх форм навчання



РЕКОМЕНДОВАНО
науково-методичною
радою з якості ННІБА
Протокол № 4
від 31 березня 2020 р.

Рівне – 2020

Методичні вказівки до практичних занять, лабораторних робіт та самостійної роботи з навчальної дисципліни «Використання вторинних та відновлюваних енергоресурсів у системах енергопостачання будівель» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за освітньо-професійною програмою «Енергетична ефективність будівель та обстеження інженерних систем» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» усіх форм навчання [Електронне видання] / Проценко С. Б. – Рівне : НУВГП, 2020. – 36 с.

Укладач: Проценко С. Б., канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри теплогазопостачання, вентиляції та санітарної техніки.

Відповідальний за випуск: Кізєєв М. Д., завідувач кафедри теплогазопостачання, вентиляції та санітарної техніки.

Керівник групи забезпечення спеціальності

Кізєєв М. Д.

© Проценко С. Б., 2020

© НУВГП, 2020

ПЕРЕДМОВА

Мета викладання навчальної дисципліни «Використання вторинних та відновлюваних енергоресурсів у системах енергопостачання будівель» полягає у формуванні в майбутніх фахівців з енергетичної ефективності будівель та обстеження інженерних систем теоретичних знань та практичних навичок проектування і розрахунку інженерних систем з використанням вторинних та відновлюваних енергоресурсів.

Вивчення дисципліни передбачає активну роботу студентів на лекціях, практичних і лабораторних заняттях, самостійну роботу та вивчення спеціальної літератури. Вимоги до знань та умінь фахівців визначаються галузевими стандартами вищої освіти України.

В цих методичних вказівках наведені рекомендації і завдання для практичних занять та самостійної роботи студентів, короткий глосарій та перелік рекомендованої навчально-методичної літератури з даної навчальної дисципліни.

У методичних вказівках наведені посилання в основному на такі літературні джерела, електронні версії яких можна вільно знайти в мережі Інтернет (у тексті методичних вказівок вказані адреси відповідних інтернет-ресурсів).

При викладенні матеріалу з дисципліни особливу увагу приділено сучасним інноваційним рішенням провідних вітчизняних та світових фірм-виробників, що є лідерами у своїй галузі, використані матеріали їхніх каталогів, рекомендацій з проектування та монтажу, вебінарів, розрахункових комп'ютерних програм.

ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ ТА САМОСТІЙНА РОБОТА

Практичне заняття 1

Розрахунок пасивних систем сонячного опалення

Мета заняття

Навчитися виконувати розрахунок:

- систем прямого уловлювання сонячної енергії;
- необхідної площі теплоакumuлюючої стіни Тромба та геліо-тепліці, що примикає до будівлі;

- необхідної маси теплоакumuлюючих елементів та їх розміщення в будівлі.

Завдання до практичного заняття

На практичному занятті розглянути такі питання:

1. Загальні рекомендації щодо розрахунку пасивних геліосистем.
2. Розрахунок систем прямого уловлювання сонячної енергії.
3. Розрахунок площі теплоакumuлюючої стіни Тромба та геліотеплиці, що примикає до будівлі.
4. Визначення маси теплоакumuлюючих елементів та їх розміщення в будівлі.

1.1. Розрахунок систем прямого уловлювання сонячної енергії

Вправа 1.1. Розрахувати площу застеленої поверхні південного фасаду будинку площею 100 м^2 , що необхідна для забезпечення 50% теплового навантаження опалення. Будинок оснащений пасивною системою прямого уловлювання сонячної енергії, розташований у Криму, і його південний фасад не затіняється.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [1, с. 135-137, прик. 1].

Вправа 1.2. Розрахувати кількість сонячної енергії, що надходить через південне вікно з подвійним склінням площею 8 м^2 у пересічний хмарний день 21 січня в будинку, що розташований на широті 48 град. пн. ш.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [1, с. 137, прик. 2].

1.2. Розрахунок площі теплоакumuлюючої стіни Тромба та геліотеплиці, що примикає до будівлі

Вправа 1.3. Визначити площу стіни Тромба, що необхідна для покриття за рахунок сонячної енергії 50% теплового навантаження опалення приміщення площею 40 м^2 при середній температурі зовнішнього повітря в зимові місяці $0...2^\circ\text{C}$.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [1, с. 137-138, прик. 3].

Вправа 1.4. Визначити потрібну площу поверхні скління прибудованої до південного фасаду будинку геліотеплиці за таких вихідних умов: середня температура зовнішнього повітря в зимові місяці 0°C , площа опалюваних приміщень 120 м^2 , частка покриття теплового навантаження за рахунок сонячної енергії дорівнює $0,6$.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [1, с. 138, прик. 4].

1.3. Визначення маси теплоакуючих елементів та їх розміщення в будівлі

Вправа 1.5. Розрахувати потрібний сумарний об'єм теплоакуючих елементів з бетону [$C'_B = 522\text{ Вт}\cdot\text{год}/(\text{м}^3\cdot^{\circ}\text{C})$] та у вигляді ємностей з водою [$C'_B = 1163\text{ Вт}\cdot\text{год}/(\text{м}^3\cdot^{\circ}\text{C})$] при їх сумарній теплоємності, віднесеній до 1 м^2 сонцезловлюючої закленої поверхні, рівній $C = 200\text{ Вт}\cdot\text{год}/(\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C})$ для будинку з площею скління південного фасаду $A_{\text{СКЛ}} = 40\text{ м}^2$.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [1, с. 139-141, прик. 5].

Вправа 1.6. Визначити потрібний об'єм теплоакуючих бетонних елементів для приміщення площею 100 м^2 , що має південні вікна сумарною площею 25 м^2 , при мінімально допустимій питомій теплоємності елементів $C_1 = 200\text{ Вт}\cdot\text{год}/(\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C})$.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [1, с. 141, прик. 6].

Завдання до самостійної роботи

Познайомитися з методикою та прикладами розрахунку пасивних систем сонячного опалення за літературою [2, с. 110-143].

Практичне заняття 2

Розрахунок активних систем сонячного опалення

Мета заняття

Навчитися виконувати розрахунок:

- кількості сонячної енергії, що надходить на сонячний колектор;

- потреби теплоти та води для гарячого водопостачання житлового будинку;
- теплопродуктивності сонячного колектора;
- об'єму бака-акумулятора теплової енергії;
- економічності доцільності застосування та строку окупності геліоустановки.

Завдання до практичного заняття

На практичному занятті розглянути такі питання:

1. Загальні рекомендації щодо розрахунку активних геліосистем.
2. Розрахунок сонячної енергії, що надходить на колектор.
3. Розрахунок потреби теплоти та води для гарячого водопостачання будинку.
4. Розрахунок теплопродуктивності сонячного колектора.
5. Розрахунок об'єму бака-акумулятора.
6. Оцінка економічності доцільності застосування геліоустановки.
7. Визначення строку окупності геліоустановки.

2.1. Розрахунок сонячної енергії, що надходить на колектор

Вправа 2.1. Визначити середню річну кількість сонячної енергії, що надходить у м. Києві на поверхню сонячного колектора, встановленого під кутом 45° до горизонту й орієнтованого на південь.

Методика виконання розрахунку наведена в літературі [3, с. 15-17, п. 5.1].

2.2. Розрахунок потреби теплоти та води для гарячого водопостачання будинку

Вправа 2.2. Визначити потрібні витрати гарячої води та теплоти для гарячого водопостачання житлового будинку за місяць і за рік при різниці температур гарячої та холодної води $\Delta t = 45^\circ\text{C}$:

- для 5 осіб при добовій нормі витрати гарячої води 75 л/(люд·добу);
- для 4 осіб при добовій нормі витрати гарячої води 50 л/(люд·добу).

Методика виконання розрахунку наведена в літературі [3, с. 17-18, п. 5.2].

2.3. Розрахунок теплопродуктивності сонячного колектора та об'єму бака-акумулятора

Вправа 2.3. Визначити площу сонячного колектора та об'єм бака-акумулятора гарячої води для родини з 5 осіб. Геліоустановка розташована в регіоні з річним надходженням сонячної енергії на горизонтальну поверхню $E = 1370$ кВт·год/м². Добова норма витрати гарячої води становить 75 л/(люд·добу). Використання установки – сезонне, в період з квітня по серпень (ступінь заміщення теплового навантаження ГВП $f = 1$).

Методика виконання розрахунку наведена в літературі [3, с. 19-20, пп. 5.3, 5.4].

2.4. Оцінка економічної доцільності застосування геліоустановки

Вправа 2.4. Визначити ефективність застосування геліоустановки для тепlopостачання індивідуального житлового будинку площею 160 м² при площі сонячного колектора 4 м² (дві панелі з площею абсорбера кожної панелі по 1,84 м²) цілорічного використання для родини з 5 осіб у районі з річним надходженням сонячної енергії $E = 1200$ кВт·год/м². Норма витрати гарячої води на одну людину – 50 л/добу. Розрахунком опалювального навантаження визначена річна потреба теплової енергії в системі опалення $Q_h = 26\ 000$ кВт·год/рік.

Методика виконання розрахунку наведена в літературі [3, с. 20-22, п. 5.5].

2.5. Визначення строку окупності геліоустановки

Вправа 2.5. За умовами вправи 2.4 розрахувати строк окупності геліоустановки як альтернативи застосуванню електричного котла.

Приклад виконання розрахунку геліосистеми наведений у літературі [3, с. 22-23, прик. 1].

Завдання до самостійної роботи

Познайомитися з методикою та прикладами розрахунку активних систем сонячного тепло- і холодопостачання за літературую [1, с. 141-156; 2, с. 143-174].

Практичне заняття 3

Розрахунок необхідної теплопродуктивності теплонасосної установки для автономного теплопостачання індивідуального житлового будинку

Мета заняття

Навчитися розраховувати теплонасосні установки для автономного теплопостачання будинків з максимальним та з частковим акумулюванням гарячої води для системи гарячого водопостачання.

Завдання до практичного заняття

На практичному занятті розглянути такі питання:

1. Розрахунок теплонасосної установки з максимальним акумулюванням гарячої води для системи ГВП.
2. Розрахунок теплонасосної установки з частковим акумулюванням гарячої води для системи ГВП.

3.1. Розрахунок теплонасосної установки з максимальним акумулюванням гарячої води для системи ГВП

Вправа 3.1. Розрахувати потрібну теплопродуктивність теплового насоса для теплопостачання індивідуального двоповерхового житлового будинку в м. Рівне за таких вихідних даних:

- тип будинку – новобудова з доброю теплоізоляцією;
- опалювана площа будинку – 120 м²;
- кількість мешканців у будинку – родина з 3 осіб;
- тариф на електроенергію – двоставочний (низький вночі і високий удень);
- задана температура води в системі гарячого водопостачання – $\theta_{set} = 50^{\circ}\text{C}$;
- температура води в системі холодного водопостачання – $\theta_{CW} = 10^{\circ}\text{C}$;

- будинок обладнаний припливно-витяжною вентиляцією з рекуператором теплоти витяжного повітря, продуктивність установки $L = 200 \text{ м}^3/\text{год}$, ефективність рекуперації – 70 %.

Методика виконання розрахунку наведена в літературі [4, с. 16-20, п. 4.4], приклад – у літературі [4, с. 42, рішення 1].

3.2. Розрахунок теплонасосної установки з частковим акумулюванням гарячої води для системи ГВП

Вправа 3.2. Розрахувати потрібну теплопродуктивність теплового насоса за вихідними даними, що задані у вправі 3.1, для одноставочного тарифу на електроенергію.

Методика виконання розрахунку наведена в літературі [4, с. 16-20, п. 4.4], приклад – у літературі [4, с. 42, рішення 2].

Завдання до самостійної роботи

1. Познайомитися з основними проектними параметрами теплових насосів, що використовують як джерело теплової енергії воду та ґрунт, за літературою [4, дод. А, с. 25-29].

2. Познайомитися з основними гідравлічними схемами теплонасосних систем за літературою [4, дод. В, с. 30-35].

Практичне заняття 4

Розрахунок геотермальних систем тепlopостачання

Мета заняття

Навчитися виконувати розрахунок:

- горизонтальних ґрунтових колекторів;
- енергетичних кошиків;
- вертикальних ґрунтових зондів;
- теплових насосів типу «вода – вода».

Завдання до практичного заняття

На практичному занятті розглянути такі питання:

1. Розрахунок горизонтальних ґрунтових колекторів.
2. Розрахунок енергетичних кошиків.
3. Розрахунок вертикальних ґрунтових зондів.

4. Розрахунок теплових насосів типу «вода – вода».

4.1. Розрахунок горизонтальних ґрунтових колекторів

Вправа 4.1. Визначити площу горизонтального ґрунтового колектора та довжину трубопроводу для теплопостачання житлового будинку за допомогою теплового насоса (проектне теплове навантаження установки $\Phi_{SU} = 10,1$ кВт). Ґрунт біля будинку глинистий вологий.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [5, с. 14-17].

4.2. Розрахунок енергетичних кошиків

Вправа 4.2. Розрахувати енергетичні кошики для теплопостачання житлового будинку за допомогою теплового насоса (вихідні дані прийняти за вправою 4.1).

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [6, с. 35-36].

4.3. Розрахунок вертикального ґрунтового зонду

Вправа 4.3. Розрахувати підземний подвійний зонд для відбору тепла для теплопостачання житлового будинку за допомогою теплового насоса (вихідні дані прийняти за вправою 4.1).

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [5, с. 17-20].

4.4. Розрахунок теплових насосів типу «вода – вода»

Вправа 4.4. Розрахувати тепловий насос з використанням тепла підземних вод для свердловин студмістечка НУВГП.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [5, с. 22].

Завдання до самостійної роботи

Познайомитися з методикою та прикладами розрахунку:

- ґрунтових колекторів горизонтального типу за літературою [6, с. 28; 7, с. 19-20; 8, с. 18; 9, с. 17];
- енергетичних кошиків за літературою [6, с. 35-36];
- енергетичних паль за літературою [6, с. 51-52];

- вертикальних ґрунтових колекторів за літературою [6, с. 58-59; 7, с. 21-23; 8, с. 19; 9, с. 20];
- геотермальних систем з використанням тепла підземних вод за літературою [8, с. 23-24].

Практичне заняття 5

Розрахунок теплових насосів типу «повітря – вода»

Мета заняття

1. Навчитися виконувати розрахунок теплових насосів типу «повітря – вода».
2. Навчитися робити техніко-економічну оцінку застосування теплових насосів типу «повітря – вода» у бівалентних схемах автономного теплопостачання житлових будинків.

Завдання до практичного заняття

На практичному занятті розглянути такі питання:

1. Розрахунок теплових насосів типу «повітря – вода».
2. Економічна оцінка ефективності застосування теплових насосів типу «повітря – вода» у бівалентних схемах автономного теплопостачання житлових будинків.

5.1. Розрахунок теплових насосів типу «повітря – вода»

***Вправа 5.1.** Розрахувати тепловий насос типу «повітря – вода» для опалення індивідуального житлового будинку в м. Рівне (вихідні дані – за вправою 3.1).*

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [10, с. 68-70].

5.2. Економічна оцінка ефективності застосування теплових насосів типу «повітря – вода» у бівалентних схемах автономного теплопостачання житлових будинків

***Вправа 5.2.** Оцінити економічну ефективність застосування теплового насоса типу «повітря – вода» у бівалентній схемі автономного теплопостачання житлового будинку спільно з газовим конденсаційним котлом за таких вихідних даних:*

- розташування об'єкта – м. Рівне;

- опалювана площа – 350 м²;
- якість утеплення будинку – стандартна забудова з питомими тепловтратами 80 Вт/м²;
- середня температура в приміщеннях будинку – 20°C;
- ККД газового конденсаційного котла – 106%;
- кількість теплових насосів – 1;
- температурний режим роботи теплового насоса – 35°C;
- тарифна група споживачів електроенергії та газу – населення;
- тариф для населення за електропостачання при споживанні понад 100 кВт·год/міс – 1,68 грн./кВт·год (прийнято, що на освітлення та на роботу побутових електроприладів у будинку споживатиметься щонайменше 100 кВт·год/міс електричної енергії, відтак опалювальне навантаження оплачуватиметься саме за вказаним тарифом);
- тариф для населення за газопостачання – 8,55 грн./м³;
- розрахунковий період – 5 років;
- прогнозоване щорічне зростання тарифів на енергоносії за розрахунковий період – 10 %.

Для виконання розрахунку рекомендується скористатися комп'ютерною програмою-калькулятором компанії Vuderus «Розрахунок теплового насоса повітря-вода» (файл *Vuderus_Розрахунок_теплового_насоса_v 15 10.xlsx*).

Вправа 5.3. Виконати порівняльний аналіз ефективності роботи теплових насосів типу «повітря – вода» серії ZUBADAN різних моделей для тепlopостачання індивідуального житлового будинку в бівалентному режимі роботи спільно з електричним котлом за таких вихідних даних:

- розташування будинку – м. Київ;
- розрахункові тепловтрати будинку – 15 кВт.

Для виконання розрахунку рекомендується скористатися онлайн-програмою компанії Mitsubishi Electric «Тепловые насосы ZUBADAN: эффективность применения», адреса ресурсу http://www.mitsubishi-aircon.ru/software/calc_efficiency/.

Вправа 5.4. Виконати порівняльний розрахунок застосування газового котла (або електрокотла) та теплового насоса для тепло-

постачання індивідуального житлового будинку з опалюваною площею 120 м².

Для виконання розрахунку рекомендується скористатися онлайн-програмою «Расчет потребления газа с тепловым насосом воздух-вода и без. Газ или электричество», адреса ресурсу <http://www.profik.com.ua/oborudovanie-daikin-2/teplovye-nasosy/raschet-teplovogo-nasosa/>.

Завдання до самостійної роботи

Познайомитися з технологією теплових насосів ZUBADAN, що розроблена японською компанією Mitsubishi Electric, за літературою [10, с. 5-7].

ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ

Лабораторна робота 1

Дослідження принципу роботи фотоелектричних перетворювачів сонячної енергії

Мета роботи

1. Вивчення принципу роботи фотоелектричних перетворювачів сонячної енергії.
2. Ознайомлення з конструкцією сонячних модулів.
3. Вивчення складу та принципу роботи сонячної енергоустановки.
4. Ознайомлення з основним обладнанням сонячних електростанцій.
5. Вивчення методики визначення економічного потенціалу електроенергії від сонячного випромінювання.

Методика виконання

За літературою [11, с. 25-45; 12, с. 5-16] розглянути такі питання:

1. Принцип дії та характеристики фотоелектричних перетворювачів (ФЕП).
2. Конструкції сонячних елементів.
3. Сонячні енергоустановки.
4. Сонячна електростанція.
5. Обладнання сонячних електростанцій.

6. Автономні сонячні енергетичні установки з концентраторами сонячного випромінювання.

7. Методика визначення валового, технічного та економічного потенціалу електроенергії від сонячного випромінювання.

Завдання до лабораторної роботи

1. Вивчити принцип дії та характеристики фотоелектричних перетворювачів.

2. Вивчити конструкції сонячних елементів та властивості основних матеріалів для їхнього виготовлення.

3. Вивчити склад і принцип дії сонячної енергоустановки та сонячної електростанції.

4. Розрахувати площу сонячних батарей для забезпечення споживача електроенергією потужністю N , кВт.

5. Скласти звіт з лабораторної роботи.

Лабораторна робота 2

Дослідження роботи сонячних водонагрівальних установок

Мета роботи

1. Ознайомлення з існуючими методами перетворення сонячної енергії на теплову.

2. Вивчення будови та принципу роботи водонагрівальних установок.

3. Вивчення методики розрахунку потужності водонагрівальних установок.

Методика виконання

За літературою [11, с. 45-65; 12, с. 82-97; 13, с. 17-19] розглянути такі питання:

1. Термодинамічний перетворювач сонячної енергії.

2. Система сонячного теплопостачання.

3. Сонячний колектор.

4. Установка сонячного гарячого водопостачання.

5. Розрахунок теплового потоку від приймача сонячного випромінювання до теплоносія.

6. Методика визначення валового, технічного та економічного потенціалу теплової енергії від сонячного випромінювання.

7. Економічна ефективність систем сонячного теплопостачання.

Завдання до лабораторної роботи

1. Накреслити схему термодинамічного перетворювача сонячної енергії та описати функції п'яти його компонентів.

2. При заданих щільності потоку випромінювання G та площі колектора A розрахувати:

- потік променистої енергії P ;
- сумарний потік тепла P_{NET} , що надходить до приймально-го майданчика;
- потік тепла від приймальника до теплоносія P_U .

3. Накреслити схему модуля сонячного водонагрівача та пояснити принцип його роботи.

4. Розрахувати площу сонячних колекторів для опалення трикімнатної квартири.

5. Вивчити фактори, що впливають на економічну ефективність систем сонячного теплопостачання, та шляхи підвищення ККД сонячних колекторів.

6. Скласти звіт з лабораторної роботи.

Лабораторна робота 3

Дослідження роботи вітроенергетичних установок

Мета роботи

1. Ознайомлення з основними характеристиками вітру та вітроенергетичного кадастру.

2. Ознайомлення з основними приладами для вимірювання швидкості та напрямку вітру.

3. Вивчення будови та принципу роботи різних вітроустановок.

4. Вивчення методики розрахунку технічного та економічного потенціалу вітрової енергії.

Методика виконання

За літературою [11, с. 65-86; 12, с. 34-40; 13, с. 11-14] розглянути такі питання:

1. Перспективи використання вітроенергетичних установок.
2. Вітроенергетичний кадастр.
3. Прилади для визначення параметрів вітру.
4. Вітроенергетичні установки.
5. Методика визначення валового, технічного та економічного потенціалу вітрової енергії.

Завдання до лабораторної роботи

1. Вивчити основні характеристики вітроенергетичного кадастру.
2. Ознайомитися з приладами для вимірювання швидкості та напрямку вітру (анемометром, анемографом, анеморумбометром, пультом ВМ1-2).
3. Виміряти швидкість вітру.
4. Вивчити будову, технічні параметри та принцип роботи вітроустановок.
5. Виконати розрахунок потужності вітроустановки за заданих викладачем даних.
6. Скласти звіт з лабораторної роботи.

Лабораторна робота 4

Дослідження роботи геотермальної установки

Мета роботи

1. Ознайомлення з особливостями геотермальної енергетики та її місцем у національній економіці України.
2. Ознайомлення з методами оцінки геотермальних ресурсів.
3. Вивчення методики розрахунку геотермального теплопостачання.

Методика виконання

За літературою [14, с. 21-23; 11, с. 114-134] розглянути такі питання:

1. Геотермальні ресурси України.
2. Практичне використання геотермальних вод.
3. Методи оцінки запасів геотермальної енергії.
4. Техніка використання тепла геотермальних вод.

5. Геотермальні електростанції (ГеоЕС) та геотермальні теплові станції (ГТС).

6. Методика розрахунку системи опалення приміщень геотермальною водою.

Завдання до лабораторної роботи

1. Вивчити геотермальні ресурси України.

2. Вивчити класифікацію геотермальних родовищ за температурою, ступенем водовіддачі, хімічним складом, річною насиченістю, ступенем мінералізації та характером застосування теплоносія.

3. Ознайомитись із загальними потенціалами, технічно доступними та економічно ефективними методами оцінки геотермальних ресурсів.

4. Ознайомитись з методами вилучення геотермальних вод та схемами генерації електроенергії ГеоТЕС.

5. Розрахувати систему геотермального опалення будинку із заданими параметрами.

6. Скласти звіт з лабораторної роботи.

Лабораторна робота 5

Дослідження робочого циклу теплового насоса

Мета роботи

1. Вивчення робочого циклу теплового насоса.

2. Визначення опалювального коефіцієнта циклу ϵ .

3. Визначення кількості низькопотенційної теплоти Q_2 , що відбивається в навколишнього середовища.

3. Визначення кількості теплоти Q_1 , що передається в систему опалення будівлі.

Методика виконання

За літературою [12, с. 56-67] розглянути такі питання:

1. Загальні теоретичні відомості про робочий цикл теплового насоса.

2. Склад експериментальної установки.

3. Порядок виконання лабораторних досліджень.

4. Методика розрахунку.

5. Зміст звіту з лабораторної роботи.

Завдання до лабораторної роботи

1. Розглянути робочий цикл теплового насоса.
2. Накреслити схему експериментальної установки з дослідження циклу теплового насоса.
3. Занести дослідні дані в таблицю.
4. Побудувати залежність $t^{\circ} = f(T)$.
5. Сформулювати висновки з лабораторної роботи.
6. Оформити звіт з лабораторної роботи.

Лабораторна робота 6

Дослідження роботи теплонасосних установок

Мета роботи

1. Вивчення будови та принципу роботи теплонасосних установок.
2. Ознайомлення з різними типами теплонасосних установок.
3. Вивчення стану використання теплових насосів для опалення і гарячого водопостачання у світі та в Україні.

Методика виконання

За літературою [11, с. 147-159; 12, с. 67-81] розглянути такі питання:

1. Теплові насоси для опалення та гарячого водопостачання.
2. Теплові насоси для автономного теплопостачання індивідуальних будинків.
3. Теплові насоси для сушіння сировини і матеріалів.
4. Опалювальні системи на основі теплових насосів.
5. Автоматизація теплонасосних установок.

Завдання до лабораторної роботи

1. Вивчити конструкції та принцип роботи теплонасосних установок.
2. Ознайомитись з екологічною та енергетичною ефективністю теплонасосних установок різних типів.

3. Ознайомитись з перевагами та недоліками використання теплонасосних установок різних типів.

6. Скласти звіт з лабораторної роботи.

Лабораторна робота 7

Дослідження роботи біоенергетичних установок

Мета роботи

1. Ознайомлення з відновлюваними ресурсами біомаси різного походження, а саме: побутових і промислових відходів, нетоварних відходів сільського та лісового господарства, відходів тваринництва, стічних вод тощо.

2. Ознайомлення з технологією та обладнанням для отримання газового і рідкого палива з біомаси.

3. Вивчення методів розрахунку біогазової енергії.

4. Вивчення алгоритму розрахунку валового та технічного потенціалу енергії біомаси.

Методика виконання

За літературою [11, с. 86-114] розглянути такі питання:

1. Біомаса як постійно відновлюване джерело палива.

2. Технологія отримання біогазу.

3. Біоенергетичні установки.

4. Установки для отримання біодизельного палива з біомаси.

5. Індивідуальна біоенергетична установка.

6. Автономний біоенергетичний модуль.

7. Розрахунок енергії біогазу.

8. Вихідні дані та алгоритми розрахунку валового, технічного й економічного потенціалу енергії лісової біомаси.

Завдання до лабораторної роботи

1. Накреслити та описати схему генератора біогазу.

2. Проаналізувати термохімічну та біотехнологічну конверсії біомаси.

3. Розглянути технології отримання біогазу:

– з твердих побутових відходів;

– з осадів стічних вод;

- з відходів птахофабрик та тваринницьких ферм;
 - з відходів лісового та сільськогосподарського виробництва.
4. Визначити вихід об'єму біогазу від гною N корів та забезпечувати ним теплову потужність.
 5. Проаналізувати схему біоенергетичного блока-модуля.
 6. Скласти звіт з лабораторної роботи.

Лабораторна робота 8

Дослідження роботи пластинчастого рекуператора

Мета роботи

Визначення теплотехнічних та техніко-економічних показників пластинчастого рекуператора.

Методика виконання

За літературою [15, с. 153-158] розглянути такі питання:

1. Загальні засади використання пристроїв утилізації теплоти вихідного повітря в системах вентиляції та кондиціонування.
2. Методика проведення досліджень пластинчастого рекуператора.
3. Обробка експериментальних даних.
4. Методика виконання розрахунків.

Завдання до лабораторної роботи

1. Накреслити та описати схему установки для дослідження роботи пластинчастого рекуператора.
2. Виконати заміри швидкостей та температур повітряних потоків.
3. Обчислити ефективність роботи теплоутилізатора за різних витрат повітря.
4. Визначити річну економію теплової енергії від застосування теплоутилізатора у заданому режимі роботи.
5. Скласти звіт з лабораторної роботи.

Лабораторна робота 9

Дослідження роботи роторного регенератора

Мета роботи

Визначення теплотехнічних та техніко-економічних показників роторного регенератора.

Методика виконання

За матеріалами вебінару [16] розглянути такі питання:

1. Типи роторних регенераторів.
2. Теоретичні основи розрахунку ефективності роторних регенераторів.
3. Температурна ефективність.
4. Вологісна ефективність.
5. Регулювання продуктивності роторних регенераторів.
6. Перетікання повітря в роторних регенераторах.
7. Обмерзання роторних регенераторів, методи зменшення ризику.

Завдання до лабораторної роботи

1. Накреслити та описати схему установки для дослідження роботи роторного рекуператора.
2. Виконати заміри швидкостей та температур повітряних потоків.
3. Обчислити ефективність роботи теплоутилізатора за різних витрат повітря.
4. Визначити річну економію теплової енергії від застосування теплоутилізатора у заданому режимі роботи.
5. Скласти звіт з лабораторної роботи.

Лабораторна робота 10

Дослідження роботи мультизональної рекуперативної системи кондиціювання повітря зі змінною витратою холодоагенту

Мета роботи

Визначення технологічних та техніко-економічних показників мультизональних рекуперативних систем кондиціювання повітря.

Методика виконання

За матеріалами вебінару [17; 18, с. 122-199] розглянути такі питання:

1. Історія виникнення та принцип роботи кліматичних систем зі змінною витратою холодоагенту (VRV, VRF).
2. Еволюція та класифікація систем VRV.
3. Сучасні мультизональні VRV/VRF-системи основних світових виробників.
4. Тритрубні та двотрубні мультизональні рекуперативні VRV/VRF-системи.
5. Топології мультизональних рекуперативних VRV/VRF-систем.
6. Гібридні мультизональні рекуперативні VRV/VRF-систем (з повітряно-водяними внутрішніми блоками – фенкойлами).
7. Методика та прикладні комп'ютерні програми для розрахунку і проектування VRV/VRF-систем.

Завдання до лабораторної роботи

1. Накреслити та описати променеву схему мультизональної рекуперативної VRF-системи City Multi серії R2 виробництва Mitsubishi Electric.
2. Накреслити та описати лінійну схему мультизональної рекуперативної VRF-системи City Multi серії R2 виробництва Mitsubishi Electric.
3. Накреслити та описати схему гібридної мультизональної рекуперативної HVRF-системи City Multi серії Hybrsd R2 виробництва Mitsubishi Electric.
4. Оцінити переваги та недоліки мультизональних рекуперативних VRV/VRF-систем різних виробників.
5. Скласти звіт з лабораторної роботи.

ГЛОСАРІЙ

Абсорбер – та частина геліоколектора, яка власне поглинає падаюче на нього сонячне випромінювання, перетворює його на теплову енергію і передає теплоносію.

Акумулятор (від лат. *accumulator* – збирач) – пристрій для накопичення енергії з метою її наступного використання.

Бактерії метаногенні – група бактерій, які споживають водень, утворений іншими групами бактерій, відновлюють вуглекислий газ до метану і розщеплюють оцтову кислоту до вуглекислого газу та метану.

Бактерії облігатні ацетогенні – група бактерій, що утворюють водень та оцтову кислоту (іноді й вуглекислий газ) з кінцевих продуктів життєдіяльності бактерій ферментативної групи.

Бактерії ферментативні – група бактерій, що гідролізують первинний субстрат (протеїни, ліпіди, полісахариди) з утворенням кінцевих продуктів у вигляді оцтової кислоти та інших насичених жирних кислот, вуглекислого газу та водню.

Біоенергетика – енергетика, що спеціалізується на виробництві енергії (як електричної, так і теплової) з біопалива.

Біомаса – органічні речовини, що утворюються в рослинах у результаті фотосинтезу і можуть бути використані для отримання енергії.

Біопаливо другого покоління – види палива, які отримують різними методами піролізу біомаси, або інші види палива, крім метанолу, етанолу, біодизеля, які отримують з джерел сировини «другого покоління».

Біопаливо першого покоління – паливо з біологічної сировини, яке отримують, як правило, в результаті переробки біологічних відходів.

Біопаливо третього покоління – паливо, отримуване з водоростей.

Використання вторинних енергоресурсів (ВЕР) – кількість енергії, що використовується у споживачів і вироблена за рахунок ВЕР в утилізаційних установках, а також як паливо і тепло, які отримуються споживачем безпосередньо в якості вторинних енергоресурсів.

Використання енергії ефективне – досягнення економічно і соціально виправданого зменшення використання енергетичних ресурсів на одиницю продукції чи послуг за існуючого рівня розвитку

техніки і технології та дотримання вимог щодо охорони навколишнього природного середовища.

Виробіток за рахунок ВЕР – кількість тепла, холоду, електроенергії або механічної роботи, що отримується за рахунок ВЕР в утилізаційній установці.

Виробіток за рахунок ВЕР економічно доцільний – кількість тепла, холоду тощо, доцільність отримання яких від утилізаційної установки підтверджується економічним розрахунком.

Виробіток за рахунок ВЕР можливий – максимальна кількість тепла, холоду, електроенергії або механічної роботи, яку можна практично отримати за рахунок даного ВЕР з урахуванням режимів роботи агрегату – джерела ВЕР та утилізаційної установки.

Виробіток за рахунок ВЕР плановий – той виробіток, який планують отримати за рахунок ВЕР.

Виробіток за рахунок ВЕР фактичний – той виробіток, який фактично отримують на утилізаційних установках за звітний період.

Вихід вторинних енергоресурсів (ВЕР) – та кількість ВЕР, що утворюється в процесі виробництва в даному технологічному агрегаті за одиницю часу.

Відходи рідкі горючі – продукти переважно вуглеводневого складу, що відпрацювали в технологічному циклі, з погіршеними унаслідок цього фізико-хімічними властивостями, яким притаманна текучість при нормальній або підвищеній температурі та здатність горіти самостійно або в суміші з додатковим паливом.

Вітроенергетика – галузь енергетики, що спеціалізується на створенні кінетичної енергії повітряних мас в атмосфері на електричну, теплову та будь-яку іншу форму енергії для використання в національній економіці.

Врожайність – загальний вихід певної рослинної продукції за певний період.

Газ водяний – газ, який отримують при подачі в сильно розігріті шари палива водяної пари.

Гази генераторні – газ, які отримують у процесі газифікації біомаси.

Газифікація біомаси – перетворення твердих відходів біомаси на горючі гази шляхом неповного їх окислення повітрям (киснем, водяною парою) при високій температурі.

Гідроенергетика – галузь господарсько-економічної діяльності людини, а також сукупність природних і штучних підсистем (гідроелектростанцій), що служать для перетворення енергії водного потоку на електричну енергію.

Джерела енергії відновлювані – джерела на основі постійно діючих або періодично виникаючих у навколишньому середовищі потоків енергії: сонця, вітру, теплової енергії землі, морів і океанів, річок, біомаси (рослин і тварин) тощо.

Джерела енергії невідновлювані – природні запаси речовин і матеріалів, що можуть використовуватися людиною для виробництва енергії.

Економайзер (від англ. economizer – підігрівач) – теплообмінник для попереднього підігрівання води, що подається в паровий котел, за рахунок теплоти відхідних газів.

Економайзер контактний – економайзер, що призначений для нагрівання води відхідними газами котлів і печей, які працюють на природному газі, шляхом безпосереднього зіткнення теплоносіїв у шарі керамічної насадки.

Економія енергії – результати реалізації заходів зі зниження непродуктивних втрат палива, електроенергії, теплоти, механічної енергії.

Економія енергії активна – регулювання надходження теплоти на опалення і кондиціонування повітря та регулювання навантаження на установки споживання енергії.

Економія палива за рахунок ВЕР – кількість первинного палива, що економиться за рахунок використання вторинних енергоресурсів.

Енергетика – паливно-енергетичний комплекс, що охоплює отримання, передачу, перетворення і використання різних видів енергії та енергетичних ресурсів.

Енергетика відновлювана – енергетична галузь, що спеціалізується на отриманні та використанні енергії з відновлюваних джерел.

Енергетика воднева – напрямок розвитку нетрадиційної енергетики, що займається вирішенням проблем, пов’язаних із застосуванням водню як енергоносія та акумулюючого середовища.

Енергетика геотермальна – промислове отримання енергії, зокрема електричної, з гарячих джерел та термальних підземних вод.

Енергетика нетрадиційна – енергетика, що передбачає використання відновлюваних джерел енергії та вторинних енергоресурсів: енергії сонця (теплової, перетвореної теплової, кінетичної, фотосинтезу), теплової енергії землі і космосу, енергії хвиль та прибою, енергії планетарного руху (припливів), вторинних енергоресурсів (теплових, горючих та перепадів тиску).

Енергетика сонячна – енергетика, що ґрунтується на перетворенні електромагнітного сонячного випромінювання на електричну або теплову енергію.

Енергетика традиційна – енергетика, що ґрунтується на використанні викопного органічного або ядерного палива та енергії води річок.

Енергія – міра здатності об’єкта виконувати роботу.

Енергія відновлювана (регенеративна, «зелена») – енергія з джерел, що, за мірками людського життя, є невичерпними.

Енергозбереження непряме (опосередковане) – енергозбереження, що пов’язане з економією матеріальних неенергетичних ресурсів при їхньому видобуванні, переробці й експлуатації за рахунок зменшення матеріалоємності готової продукції, підвищення її надійності та якості, продовження строку служби виробів.

Енергозбереження пряме – енергозбереження, що пов’язане з економією енергетичних ресурсів при виробництві, перетворенні і транспортуванні енергії.

Енергоощадність – організаційна, наукова, практична та інформаційна діяльність, що спрямована на ефективне використання енергетичних ресурсів і реалізується із застосуванням технічних, економічних та правових методів.

Енергоресурси відновлювані (невичерпні) – потоки енергії, що постійно чи періодично діють у природі (промениста енергія Сонця; енергія вітру, гідроенергія течій, хвиль та припливів;

теплова енергія навколишнього середовища; енергія мускульної сили людей і тварин).

Енергоресурси вторинні (ВЕР) – енергоресурси, що були отримані у вигляді побічного продукту основного виробництва або є таким продуктом.

Енергоресурси невідновлювані (вичерпні) – вугілля, торф, нафта, природний газ, ядерне паливо.

Енергоресурси нетрадиційні – всі види відновлюваних джерел енергії: біомаса (за винятком дров), сонячна енергія, вітрова енергія, геотермальна енергія, теплова енергія океану, гідроенергія припливів, хвиль, водотоків (за винятком гідроенергії великих водотоків).

Енергоресурси первинні – такі енергоресурси, що не зазнавали процесів переробки.

Енергоресурси традиційні – всі невідновлювані джерела енергії, а також два види відновлюваних джерел: дрова та гідроенергія великих водотоків.

Запаси енергоресурсів потенційні – розвідані та прогнозовані запаси енергоресурсів.

Запаси енергоресурсів прогнозовані – запаси енергоресурсів, наявність яких достовірно доведена, але їхній видобуток вимагає застосування нових, ще не розроблених у даний час технологій.

Запаси енергоресурсів розвідані – розвідані запаси енергоресурсів, наявність яких визначена достатньо достовірно, а їхня кількість – достатньо точно.

Коефіцієнт виробітку за рахунок ВЕР – відношення фактичного (планового) виробітку до економічно доцільного.

Коефіцієнт використання рослинних відходів для технологічних потреб – кількість рослинних залишків без урахування тієї їхньої частини, яка може бути використана в інших сільськогосподарських технологіях – силос, кормова продукція тощо.

Коефіцієнт доступності рослинних відходів – частка загальної кількості рослинних відходів, що фактично може бути зібрана, тобто є доступною для використання при переробці.

Коефіцієнт емісії геліоколектора – коефіцієнт, що показує, яка частина енергії випромінювання відбивається від абсорбера сонячного колектора.

Коефіцієнт поглинання геліоколектора – коефіцієнт, що показує, яка частка випромінювання, що падає на колектор, перетворюється абсорбером на тепло.

Коефіцієнт рослинних відходів – відношення сухої маси відходів певної культури до маси зібраного врожаю з нульовою вологістю.

Коефіцієнт утилізації ВЕР – відношення фактичної (планової) економії палива за рахунок ВЕР до економічно доцільної.

Піроліз біомаси (суха перегонка) – хімічне перетворення одних органічних сполук на інші під дією теплоти без доступу окисників (кисню або повітря).

Площа апертури геліоколектора – прозора видима площа колектора, через яку випромінювання може потрапляти в колектор.

Площа брутто геліоколектора – площа, що визначається за зовнішніми розмірами колектора.

Площа поглинання геліоколектора – площа колектора, що визначається за розмірами абсорбера як добуток довжини на ширину абсорбера.

Потенціал доцільно економічний – та кількість енергії, яку доцільно використовувати з урахуванням економічних, екологічних, соціальних, техніко-технологічних та політичних факторів.

Потенціал загальний (валовий) – загальна кількість енергії, якою характеризується кожне з відомих джерел енергії.

Потенціал технічний – частина енергії загального потенціалу, яку можна реалізувати за допомогою сучасних технічних пристроїв.

Рекуператор (від лат. *rekuperator* – такий, що повертає, отримує назад) – теплообмінник, в якому теплообмін між теплоносіями відбувається безперервно через стінку, що їх розділяє.

Ресурс енергетичний – носій енергії (енергоносій), що використовується у теперішній час і може бути використаний у майбутньому.

Ресурси енергетичні вторинні (побічні) (вторинні енергоресурси, або ВЕР) – енергетичні ресурси, що отримані як побічний продукт або відходи основного виробництва.

Ресурси енергетичні вторинні горючі (паливні) – відходи технологічних процесів, що не придатні для подальшої технологічної переробки, але можуть бути використані як котельно-пічне паливо.

Ресурси енергетичні вторинні механічні – вторинний енергоресурс у вигляді кінетичної чи потенційної енергії в енергоносіях, який можна реалізувати перетворенням на інші види енергії.

Ресурси енергетичні вторинні надлишкового тиску – потенційна енергія газів, що виходять з технологічних агрегатів з надлишковим тиском, який необхідно знижувати перед наступним ступенем використання цих газів або під час викидання їх в атмосферу.

Ресурси енергетичні вторинні силові – енергія, що поповнює прибуткову частину енергобалансу й отримана при організації випробування електростанцій з навантаженням на розподільчі мережі підприємства.

Ресурси енергетичні вторинні теплові – ентальпія газів, що виходять з технологічних агрегатів, основної, побічної, проміжної продукції та відходів виробництва, теплота робочих тіл систем охолодження технологічних агрегатів та установок, ентальпія гарячої води та пари, відпрацьованих у технологічних установках, а також тепла енергія (пара та гаряча вода), що їх попутно одержують у технологічних та енерготехнологічних установках.

Ресурси енергетичні облагороджені – енергетичні ресурси, які отримують у процесах облагороджування чи збагачення природного енергетичного ресурсу без зміни його фізичної основи.

Ресурси енергетичні перероблені – енергетичні ресурси, які отримують у процесі переробки природного енергетичного ресурсу зі зміною його фізико-хімічної основи, але без зміни агрегатного стану.

Ресурси енергетичні перетворені – енергетичні ресурси, які отримують у процесі перетворення природного або переробленого енергетичного ресурсу зі зміною його фізико-хімічної основи й агрегатного стану.

Ресурси енергетичні природні – енергетичні ресурси, що утворені внаслідок геологічного розвитку Землі та інших природних процесів.

Сепаратор (від лат. *separator* – відокремлювач) – апарат для сепарації, принцип дії якого ґрунтується на відмінності фізичних властивостей компонентів суміші.

Сертифікати зелені – сертифікати, що підтверджують генерацію певного обсягу електроенергії на основі відновлюваних джерел енергії.

Система сонячного опалення пасивна (геліосистема пасивна) – система опалення, що оснований на застосуванні архітектурних та конструктивних рішень для підвищення ступеня використання сонячної радіації та (або) зниження теплових втрат будівлі без застосування геліотехнічного обладнання.

Сонячна постійна – потік сонячного випромінювання, що проходить крізь 1 м² площини, розташованої перпендикулярно потоку випромінювання на вході в атмосферу Землі, і дорівнює 1367 Вт/м².

Сонячна стіна Тромба – масивна кам'яна конструкція, що встановлюється на південній стороні будинку за фасадним скляним огородженням і дозволяє збирати та накопичувати в собі сонячну енергію за весь сонячний день, а потім віддавати це тепло приміщенню (зазвичай у нічні години).

Стагнація (простоювання) – стан або проміжок часу, коли в контурі геліоколектора не циркулює теплоносій, і поглинута, перетворена на тепло енергія випромінювання не відводиться в накопичувач або до споживача.

Труба теплова – випарувально-конденсаційний герметичний пристрій з використанням капілярних сил, що служить для передачі теплоти і працює за замкнутим циклом.

ЛІТЕРАТУРА

До практичних занять та самостійної роботи

1. Харченко Н. В. Индивидуальные солнечные установки. Москва : Энергоатомиздат, 1991. 208 с. URL:

<https://drive.google.com/open?id=1EXqExnbdxR-ppiaE IEfVZSfn9iULyKR>.

2. Системы солнечного тепло- и хладоснабжения / Р. Р. Аvezов, М. А. Барский-Зорин, И. М. Васильева и др. ; под ред. Э. В. Сарнацкого и С. А. Чистовича. Москва : Стройиздат, 1990. 328 с. URL: <https://drive.google.com/open?id=1pt8EHVIndfoGEIekb0gMAMqRDyeDFJqh>.
3. Thermotech – солнечное теплоснабжение : техн. пособ. Thermotech, 2011. 26 с. URL: <https://drive.google.com/open?id=1AmlxvsBFaCFtuhHltTrnmxCyzN7X0q8k>.
4. ДСТУ Б В.2.5-44:2010. Проектування систем опалення будівель з тепловими насосами (EN 15450:2007, MOD). [Чинний від 2010-02-02]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 57 с. URL: http://www.mathcentre.com.ua/download/dstu_B_V_2-5-44_2010.pdf.
5. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Холодильні установки та теплові насоси» для студентів напряму підготовки 6.060101 «Будівництво» професійного спрямування «Теплогазопостачання і вентиляція» всіх форм навчання / уклад.: М. Д. Кізеєв, М. М. Басюк. Рівне : НУВГП, 2014. 32 с. (Шифр 03-02-338). URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/1741/>.
6. Геотермальные системы Upronog. Upronog, 2014. 68 с.
7. Тепловые насосы BWL-1-A, BWL-1-I Воздух/Вода, BWS-1 Земля/Вода : документ. по проект. Wolf GmbH, 2010. 93 с.
8. Системы тепловых насосов Viessmann : инстр. по проект. Viessmann Werke GmbH & Co, 2000. 48 с.
9. Rauego – системы использования тепла грунта : техн. инф. 827600 RU. Rehau, 2009. 32 с.
10. Энергоэффективные технологии в отоплении и вентиляции. ООО «Мицубиси Электрик (РУС)», 2015. 82 с.

До лабораторних робіт

11. Магомедов А. М. Возобновляемые источники энергии. Лабораторный практикум : учеб. пособ. для вузов. Махачкала : ИПЦ ДГУ, 2005. 246 с.

12. Глущенко Т. И. Лабораторный практикум по возобновляемым источникам энергии : учеб. пособ. по спец. 5В071800 – Электроэнергетика. Костанай : КГУ им. А. Байтурсынова, 2016. 124 с.
13. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии : пособ. для проведения лабораторного практикума / сост. Л. В. Хახалева. Ульяновск : УлГТУ, 2007. 21 с.
14. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії України. Київ : Державний комітет України з енергозбереження, 2010. 41 с. URL: <https://drive.google.com/open?id=1G5wk3IoIexoP08ylYthrQ9IkKAahVtW0>.
15. Лабораторный практикум по термодинамике, тепломассообмену, отоплению, вентиляции и кондиционированию воздуха : учеб. пособ. / В. А. Бройда и др. ; под общ. ред. В. Н. Посохина. Казань : КГАСУ, 2009. 154 с.
16. Запис вебінару компанії Altair на тему «Особливості застосування систем рекуперації енергії» від 8.09.2015 р. URL: <https://youtu.be/jxmZdhmhvOE>.
17. Запис вебінару компанії Mitsubishi Electric на тему «Еволюція VRF-систем. Нові можливості застосування» від 27.06.2019 р. URL: <https://youtu.be/eaaxTuwy4xk>.
18. Климатические системы 2019. Кондиционирование, вентиляция, отопление. Каталог климатического оборудования. Mitsubishi Electric, 2019. 252 с.

До вивчення лекційного курсу

19. Баадер В., Доне Е., Брендерфер М. Биогаз: теория и практика : пер. с нем. и предисловие М. И. Серебряного. Москва : Колос, 1982. 148 с. URL: https://drive.google.com/open?id=1fCMIhoVgrEmiR0c4vU_GLIUDneEkIfCI.
20. Беляев В. С., Хохлова Л. П. Проектирование энергоэкономичных и энергоактивных гражданских зданий : учеб. пособ. для студ. вузов по спец. «Промышленное и гражданское строительство». Москва : Высш. шк., 1991. 255 с.
21. Берман Э. Геотермальная энергия : пер. с англ. Б. Ф. Маврицко-го. Москва : Изд-во «Мир», 1978. 416 с. URL:

https://drive.google.com/open?id=1haZvnQ1jUF4PxrEBp1r_urXo1EJfz7m .

22. Биогаз на основе возобновляемого сырья. Сравнительный анализ шестидесяти одной установки по производству биогаза в Германии. Агентство по возобновляемым ресурсам (FNR), Гюльцов, Германия, 2010. 118 с. URL: <https://drive.google.com/open?id=13PPywfRxbRL4HmyOki1D4SWdipBxJ1YU>.
23. Биомасса как источник энергии : пер. с англ. А. П. Чочиа ; под ред. С. Соуфера, О. Заборски. Москва : Мир, 1985. 368 с. URL: <https://drive.google.com/open?id=1jwmDEvAnDoNpZD4FBTh-fzEfwd5ZF8oj>.
24. Биоэнергия. Общая информация. Твердое биотопливо. Жидкое биотопливо. Биогаз. Агентство по возобновляемым ресурсам (FNR), Гюльцов, Германия, 2012. 28 с. URL: <https://drive.google.com/open?id=1UZCS-9Q9vnrycibjmbe9X55ZrtXsT8o6>.
25. Бойлс Д. Биоэнергия: технология, термодинамика, издержки : пер. с англ. М. Ф. Пушкарева ; под ред. Е. А. Бирюковой. Москва : Агропромиздат, 1987. 152 с. URL: <https://drive.google.com/open?id=1QRsgP6ixDs9HowkzM6gm2gvcGgocTfxF>.
26. Герасимов Г. Г. Енергоощадність в енергетиці : навч. посіб. Рівне : Червінко А. В., 2015. 382 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/4736/>.
27. Гічов Ю. О. Вторинні енергоресурси промислових підприємств. Ч. I : конспект лекцій. Дніпропетровськ: НМетАУ, 2012. 56 с. URL: <https://drive.google.com/open?id=1IeCA8Jzxbh0TU-qX-TDK61m1TfS8ITNp>.
28. Документация по проектированию: гелиотехника Logasol для горячего водоснабжения и поддержки отопления. Vuderus, 2013. 122 с.
29. Елистратов В. В. Использование возобновляемой энергии : учеб. пособ. Санкт-Петербург : Изд-во Политехн. ун-та, 2008. 224 с. URL: <https://drive.google.com/open?id=1I02ibtDfOIoBxSOMO1RRwwzFDnRzlepC>.

30. Колобков П. С. Использование вторичных энергоресурсов в теплоснабжении. Харьков : Изд-во «Основа» при Харьк. ун-те, 1991. 224 с. URL: https://drive.google.com/open?id=10XhmQ1sRW2qo4_r67eu3_02Z_vKXm9Ry8.
31. Кудря С. О., Будько В. І. Вступ до спеціальності. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії : курс лекцій. Київ : НТУУ «КТП», 2013. 387 с. URL: https://drive.google.com/open?id=1CVubwsoykLNRP3sjBjnTimtmTMdN_Op.
32. Лайбеш В. Г. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии : учеб. пособие. Санкт-Петербург : СЗТУ, 2003. 79 с. URL: <https://drive.google.com/open?id=1X18y57uJlcP4U7T9sIClpjEIqUjCdsaP>.
33. Магомедов А. М. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии. Махачкала : Издательско-полиграфическое объединение «Юпитер», 1996. 245 с. URL: https://drive.google.com/open?id=1tSlAGt2Z_Stx4vZlh0HW-q3Scvk2sPNQ.
34. Матвеев Ю. Б. Обзор существующих БГУ, перспективы развития. Київ : Біоенергетична асоціація України, 2016. 25 с. URL: https://drive.google.com/open?id=1yM0X5KnD7Ute3MNgKL2dBw_gP_v4GoD.
35. Мхитарян Н. М. Энергетика нетрадиционных и возобновляемых источников. Опыт и перспективы. Київ : Наукова думка, 1999. 320 с. URL: https://drive.google.com/open?id=1BIMPJfxPYr3GtxAHGMABqG_2eBTc6R30V.
36. Развитие биогазовых технологий в Украине и Германии: нормативно-правовое поле, состояние и перспективы. Агентство по возобновляемым ресурсам (FNR), Киев – Гюльцов, Украина – Германия, 2013. 72 с. URL: https://drive.google.com/open?id=1hADA8EOLddMV39WWnPF_9GHQIrGG-4fW.
37. Руководство по биогазу. От получения до использования. 5-е полн. перераб. изд. Агентство по возобновляемым ресурсам

- (FNR), Гюльцов, Германия, 2010. 215 с. URL: https://drive.google.com/open?id=1beS6xoWWAeuYRiRNng51FtWtghw_zdKtE.
38. Самохвалов В. С. Вторинні енергетичні ресурси та енергозбереження : навч. посіб. Київ : «Центр учбової літератури», 2008. 224 с. URL: https://drive.google.com/open?id=1IxN5h9t7ZUX_f4d8_3VqXyZxXrFMkHNn.
39. Сибикин Ю. Д., Сибикин М. Ю. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии : учеб. пособ. 2-е изд., стер. Москва : КНОРУС, 2012. 232 с. URL: https://drive.google.com/open?id=1MvXyTdVfSxR_ARj0chOqgR71zGBnSr6v.
40. Твайделл Дж., Уэйр А. Возобновляемые источники энергии : пер. с англ. Москва : Энергоатомиздат, 1990. 392 с. URL: <https://drive.google.com/open?id=1M6xi2afbMZg9VhVmTgpSSfMsO7bDELWs>.
41. Утилизация низкопотенциальных тепловых вторичных энергоресурсов на химических предприятиях / В. Г. Григоров, В. К. Нейман, С. Д. Чураков и др. Москва : «Химия», 1987. 240 с. URL: https://drive.google.com/open?id=1Za6zdcV3xOqg8aOi9WwBQM_H0cfi9Akfr.
42. Учебное пособие по курсу «Возобновляемые и вторичные источники энергии» для студентов специальности 8.090510 «Теплоэнергетика» очной и заочной форм обучения / сост. В. М. Житаренко. Мариуполь : ПГТУ, 2006. 200 с. URL: <https://drive.google.com/open?id=1OJHUr2mk-bfr7TSxaGEF9UCAxGbahnLx>.
43. Эдер Б., Шульц Х. Биогазовые установки : практ. пособ. Zorg Biogas, 2011. 268 с. URL: <https://drive.google.com/open?id=1SKMjBYRIVNjgYdXs2X4My5Sc1xwhRCds>.
44. Highlights of the REN21 Renewables 2017 Global Status Report in perspective. REN21, Paris, France, 2017. 44. URL: https://drive.google.com/open?id=102rfemWXc_zsbr8vJGXVZISNKw3sJ-U-.

З М І С Т

ПЕРЕДМОВА	3
ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ ТА САМОСТІЙНА РОБОТА	3
Практичне заняття 1. Розрахунок пасивних систем сонячного опалення	3
Практичне заняття 2. Розрахунок активних систем сонячного опалення	5
Практичне заняття 3. Розрахунок необхідної теплопродуктивності теплонасосної установки для автономного тепlopостачання індивідуального теплового будинку	7
Практичне заняття 4. Розрахунок геотермальних систем	9
Практичне заняття 5. Розрахунок теплових насосів типу «повітря – вода»	11
ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ	13
Лабораторна робота 1. Дослідження принципу роботи фотоелектричних перетворювачів сонячної енергії	13
Лабораторна робота 2. Дослідження роботи сонячних водонагрівальних установок	14
Лабораторна робота 3. Дослідження роботи вітроенергетичних установок	15
Лабораторна робота 4. Дослідження роботи геотермальної установки	16
Лабораторна робота 5. Дослідження робочого циклу теплового насоса	17
Лабораторна робота 6. Дослідження роботи теплонасосних установок	18
Лабораторна робота 7. Дослідження роботи біоенергетичних установок	18
Лабораторна робота 8. Дослідження роботи пластинчастого рекуператора	20
Лабораторна робота 9. Дослідження роботи роторного рекуператора	20
Лабораторна робота 10. Дослідження роботи мультизональної рекуперативної системи кондиціонування повітря зі змінною витратою холодоагенту	21
ГЛОСАРІЙ	22
ЛІТЕРАТУРА	30
До практичних занять та самостійної роботи	30
До лабораторних робіт	31
До вивчення лекційного курсу	32