АНОТАЦІЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назва показників	Характеристика
Повна назва дисципліни	Акумулювання енергії
Викладацький склад	Ст. викладач В.Марценюк
Спеціальність	141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітня програма	Електроенергетика
Кількість годин	150
Кредити ECTS	5
Опис	Вивчення дисципліни базується на знаннях дисциплін 1-4 семестру. Предметом дисципліни “Акумулювання енергії" є вивчення основних методів акумулювання енергії та способів практичної реалізація сучасних систем енергосховищ. **Мета вивчення** дисципліни – оволодіння навичками постановки і вирішення задач ефективного акумулювання енергії, що вироблена у тому числі із відновлюваних джерел енергії **Результати навчання**. Внаслідок вивчення дисципліни студент повинен знати: основні типи акумулюючих систем, їх характеристики та властивості. Вміти коректно ставити задачі для вирівнювання потужності, що виробляє генеруюча установка. Узгодження графіків виробництва та споживання енергії. Бути ознайомленим з напрямками сучасного розвитку методів акумулювання у світі. **Методи навчання**: Лекції та практичні роботи. Самостійна робота студентів пов’язана з засвоєнням теоретичного матеріалу при підготовці до практичних занять та виконанням обов’язкових домашніх завдань . При виконанні самостійних робіт організуються щотижневі консультації, поетапне підведення результатів, підсумковий контроль.
Тип дисципліни	Вибіркова.
Підсумковий контроль	Екзамен у 7 семестрі.

Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни

Акумулювання енергії

Шифр та назва спеціальності
141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Інститут
ННІ Енергетики, електротехніки та електромеханіки

Освітня програма
Електроенергетика

Кафедра
Інженерної електрофізики (135)

Рівень освіти
Бакалавр

Тип дисципліни
Професійна (фахова), Вибіркова

Семестр
7

Мова викладання
Українська, англійська

Викладачі, розробники

Марценюк Валентина

Valentyna.Martseniuk@khpi.edu.ua

Старший викладач кафедри кафедри інженерної електрофізики НТУ «ХПІ». Досвід науково-педагогічної роботи – 15 років. Автор та співавтор понад 10 наукових праць. Підготувала лекційні курси та практичні заняття з дисциплін «Акумулювання енергії», «Воднева енергетика та нанотехнології», «Комп'ютерне проектування та моделювання систем відновлюваної енергетики».

Детальніше про викладача на сайті кафедри

Загальна інформація

Анотація

В рамках курсу розглядаються методи розрахунку систем акумулювання енергії відновлюваних джерел на стадіях проектування, виробництва, та експлуатації об'єктів, оцінки ефективності передачі і акумулювання енергії, визначення параметрів устаткування для акумулювання енергії.

Мета та цілі дисципліни

Вивчення проблем і методів акумулювання енергії. Внаслідок вивчення дисципліни студент повинен знати: основні методи розрахунку устаткування і схем для передачі енергії від нетрадиційних джерел до споживача або до устаткування, яке акумулює енергію, особливості експлуатації устаткування, системи акумулювання енергії та їх характеристики і методи розрахунку, фізичні принципи акумулювання;
вміти визначати склад устаткування для акумулювання енергії та розраховувати їх параметри, розробляти схеми та розраховувати ефективність систем акумулювання енергії, бути ознайомленим з напрямками сучасного розвитку систем акумулювання енергії.

Формат занять

Лекції та практичні роботи. Самостійна робота студентів пов'язана з засвоєнням теоретичного матеріалу при підготовці до практичних занять та виконанням обов'язкових домашніх завдань. При виконанні самостійних робіт організуються щотижневі консультації, поетапне підведення результатів, підсумковий контроль - іспит.

Компетентності

ПЗК1. Здатність застосовувати знання і розуміння на практиці у спосіб, який вказує на професійний підхід розв'язання проблем у галузі електричної інженерії.
ЗК 7. Здатність приймати обґрунтовані рішення.
ЗК 5. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел, які враховують відповідні соціальні, наукові або етичні питання.
ФК 4. Здатність використовувати професійні знання з основ електроенергетики: електричної частини станцій та підстанцій, електричних систем і мереж, релейного захисту та автоматики енергосистем та техніки високих напруг для вирішення практичних задач в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.
ФК 12. Здатність до вивчення та аналізу науково-технічної інформації в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.
ФК 13. Здатність виконувати експериментальні (модельні) дослідження режимів роботи електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання

Результати навчання

ПРН 1. Знаходити необхідну інформацію в інформаційному просторі.
ПРН 2. Дискутувати на професійні теми.
ПРН 5. Поєднувати особисті і суспільні інтереси.
ПРН 12. Знати та використовувати методи фундаментальних наук для розв'язання загально-інженерних та професійних завдань
ПРН 16. Визначати принципи побудови та нормального функціонування елементів електроенергетичних, електротехнічних електромеханічних комплексів та систем

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 150 год. (4 кредити ECTS): лекції – 32 год., практичні заняття – 32 год., самостійна робота – 86 год.

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Для успішного проходження курсу необхідно мати знання та практичні навички з загальної фізики та хімії, теоретичних основ електротехніки .

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Лекції проводяться інтерактивно з використанням мультимедійних технологій. На практичних заняттях використовується проєктний підхід до навчання, акцентується увага на застосуванні інформаційних технологій.

Програма навчальної дисципліни

Теми лекційних занять

Тема 1. Області використання акумуляторів енергії. Роль акумулювання енергії у енергосистеми України.
Огляд сучасних систем і методів накопичення енергії .
Тема 2. Акумуляторні батареї. Розрахунок автономних систем енергозабезпечення
Кислотні та лужні акумулятори. Фізичні та хімічні процеси заряду та розряду Новітні технології у виробництві акумуляторів. Особливості експлуатації.

Тема 3. Паливні елементи (ПЕ). Принцип дії. Класифікація.Фізичні та хімічні процеси заряду та розряду. Перспективи розвитку ПЕ.
Комбіновані системи енергозабезпечення з використанням водню
Тема 4. Системи акумулювання теплової енергії . Розрахунок акумуляторів теплової енергії. Використання теплових насосів у системах теплопостачання.
Класифікація. Конструкції. Розрахунок.
Тема 5. Електричні накопичувачі енергії.
Класифікація. Конструкції. Розрахунок
Тема 6. Механічні накопичувачі енергії.
Класифікація. Конструкції. Розрахунок.
Тема 7. Засоби передачі енергії на відстань. Основні вимоги до транспорту енергії.
Вимоги до транспорту газу, нафти, електроенергії, вугілля, біомаси.
Системи енергозбереження з використанням схем акумулювання енергії . Використання установок на основі ВДЕ та буферних акумуляторів енергії.

Теми практичних занять

Тема 1. Основні функції акумулювання енергії в енергосистемі . Класифікація накопичувачів енергії.
Тема 2. Розрахунок автономних систем енергозбереження.
Тема 3. Розрахунок систем акумулювання на основі хімічних систем.
Тема 4. Комбіновані системи енергозабезпечення з використанням водню.
Тема 5. Розрахунок систем акумулювання на основі теплової енергії.
Тема 6. Розрахунок системи тепло забезпечення за допомогою теплових насосів.
Тема 7. Електричний та механічний розрахунок індуктивних накопичувачів енергії.
Тема 8. Конструкції ємнісних накопичувачів. Електричний розрахунок ємнісного акумулятора.
Тема 9. Розрахунок статичних та динамічних механічних накопичувачів енергії.

Теми лабораторних робіт

Лабораторні роботи не передбачені програмою курсу.

Самостійна робота

Курс акцентує увагу на практичному застосуванні та заохочує студентів глибоко вивчати матеріал через індивідуальні завдання та самостійне вивчення.
Студентам доручено зробити аналіз сучасних систем акумулювання енергії , виконати розрахунок обраної системи . Це завдання не тільки вдосконалює навички , але і гарантує, що студенти розуміють принципи проектування та найкращі методи роботи.
Це завдання призначено для поглиблення розуміння динаміки та узагальнення концепцій, введених під час лекцій.
Використовуйте System Model Advisor для проведення попередньої оцінки систем з відновлюваної енергії, враховуючи ключові параметри роботи, показники ефективності та екологічні аспекти.
Після завершення студенти повинні скласти свої висновки та спостереження у комплексний звіт, забезпечуючи ясність, докладність та дотримання академічних стандартів.
Для всеосяжного розуміння студентам рекомендується звертатися до додаткових ресурсів. Існує відібраний список навчальних посібників, підручників з програмного забезпечення та відеозаписів лекцій, який пропонує глибший взгляд на теми, які не були широко розглянуті на лекціях.
Відомості щодо самостійної роботи та індивідуальних завдань (ІДЗ/РГЗ/КР/КП), якщо це передбачено планом, способів її перевірки та оцінки.

Література та навчальні матеріали

1.Яценко Л.В. Комбінова енергосистема на основі відновлюваної енергетики // Технічка електродинаміка.- с. 64-65

2.Мхитарян Н.М. Енергетика нетрадиційних і відновлюваних джерел. Дослід і перспективи. Київ, видавництво «Наукова думка» 298 с, 1999.
3. Маляренко В.А. Основи теплофізики будівель та енергозбереження:Підручник.-Харків:"Видавництво САГА" , 2006.-484
4.Байрачний Б.І. Технічна електрохімія. Ч.2. Хімічні джерела струму. Підручник.-Харків:НТУ "ХПІ", 2003.-173с
5. Савицький А.В., Микитюк В.І. Фототермічне перетворення сонячної енергії: Навчальний посібник. - Чернівці: Рута, 2003. – 80 с.
6.Водень в альтернативній енергетиці та новітніх технологіях/ за ред. В.В. Скорохода, Ю.М. Солоніна. – К.: «КІМ», 2015. – 294 с.
7. Варламов Г.Б., Любчик Г.М., Маляренко В.А. Теплоенергетика та екологія: Підручник. – Х.: «Видавництво САГА , 2008. -234 с. :іл.
8.Закон України щодо забезпечення конкурентних умов виробництва електричної енергії з альтернативних джерел енергії(Відомості Верховної Ради (ВВР), 2019, № 23, ст.89)

Система оцінювання

Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

Опис структури підсумкової оцінки, обов'язкових завдань та процедури нарахування балів, особливо звертаючи увагу на самостійну роботу та індивідуальні завдання.

Шкала оцінювання

Сума балів	Національна оцінка	ECTS
90–100	Відмінно	A
82–89	Добре	B
75–81	Добре	C
64–74	Задовільно	D
60–63	Задовільно	E
35–59	Незадовільно (потрібне додаткове вивчення)	FX
1–34	Незадовільно (потрібне повторне вивчення)	F

Норми академічної етики і політика курсу

Студент повинен дотримуватися «Кодексу етики академічних взаємовідносин та доброчесності НТУ «ХПІ»: виявляти дисциплінованість, вихованість, доброзичливість, чесність, відповідальність. Конфліктні ситуації повинні відкрито обговорюватися в навчальних групах з викладачем, а при неможливості вирішення конфлікту – доводитися до відома співробітників дирекції інституту. Нормативно-правове забезпечення впровадження принципів академічної доброчесності НТУ «ХПІ» розміщено на сайті: http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/akademichna-dobrochesnist/

Погодження

Силабус погоджено	Дата погодження, підпис	Завідувач кафедри Сергій МОСТОВИЙ
	Дата погодження, підпис	Гарант ОП Галина ОМЕЛЯНЕНКО

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Кафедра _____інженерної електрофізики_____
Спеціальність _141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка____
Освітня програма _____Електроенергетика_____
Форма навчання _____денна, заочна _____
Навчальна дисципліна **Акумулювання енергії**_____
Семестр _____6_____

ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ТА ЗАВДАНЬ, ВКЛЮЧЕНИХ ДО ЕКЗАМЕНАЦІЙНИХ БІЛЕТІВ ІЗ ДИСЦИПЛІНИ

Кількість білетів _21_

Затверджено на засіданні кафедри

протокол №_____від_____2021р.

Зав. кафедрою ІЕФ _____Олег РЕЗИНКІН

Екзаменатор _____Валентина МАРЦЕНЮК

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ №1

1. Теплові акумулятори. Класифікація. Конструкції.
2. Пружинний накопичувач енергії має жорсткість 1000 Н\м. Для збільшення енергії пружини, на неї падає груз масою 200 кг з висоти 5 м. Знайти х – відстань, на яку стиснеться пружина.

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ №2

1 .Області використання акумуляторів енергії. Роль акумулюючих станції для енергосистеми України.

2.Розрахуйте максимально запасаєму енергію маховика у вигляді диска без центрального отвору із титанового сплаву (допустиме механічне навантаження $3=10^8$ Н/м^2 , густина 4600 кг/м^3), якщо маса маховика дорівнює 200 кг.

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ №3

1 Основні функції акумулювання енергії в енергосистемах на базі ВДЖ. Класифікація накопичувачів енергії.

2 Розрахунок водяного низькотемпературного акумулятора.

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ №4

1.Кислотні та лужні акумулятори. Принцип дії.

2.Як довго буде саморозряжатися тепловий акумулятор з 50 кг води при температурі 90 ^oC, якщо втрати тепла складають 8 Вт, а кінцева температура акумулятора становить 40 ^oC?

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ №5

1.Паливні елементи (ПЕ). Принцип дії. Фізичні та хімічні процеси заряду та розряду.

2. Тепловий акумулятор у вигляді прямокутного паралепіпеду зі сторонами 1х1х1 м та випромінюваною властивостю поверхні l= 0,3 містить воду при температурі 90 ^oC. Якщо втрати тільки за рахунок випромінювання, та температура оточуючого середовища 20 ^oC, визначити яка кількість тепла за секунду необхідна щоб, температура води підтримувалася початкового значення?

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ №6

1 Комбіновані системи енергозабезпечення з використанням водню.

2.Як довго буде саморозряжатися тепловий акумулятор з 50кг води при температурі 90 ^{o}C, якщо втрати тепла складають 8 Вт, а кінцева температура акумулятора дорівнює 40 ^{o}C.

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ №7

1. Теплові акумулятори. Класифікація. Конструкції.

2.Розрахуйте максимально запасаєму енергію маховика у вигляді диска без центрального отвору із титанового сплаву (допустиме механічне навантаження 3=10^8 Н/м^2 , густина 4600 кг/м^3), якщо маса маховика дорівнює 300 кг.

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ №8

1 Акумулювання енергії сонця, геотермальної енергії та інших теплових джерел.

2 Розрахуйте максимально запасаєму енергію маховика у вигляді диска без центрального отвору із титанового сплаву (допустиме механічне навантаження 3=10^8 Н/м^2 , густина 4600 кг/м^3), якщо маса маховика дорівнює 200 кг.

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ №9

1.Використання теплових насосів у системах теплопостачання.

2.Яка сила, необхідна для збереження пружини в стиснутому стані, коли її довжина зменшується на x в порівнянні з нормальною довжиною, записується у вигляді $F = kx + ax^3 + bx^4$. Скільки енергії акумулювано?

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ №10

1.Акумулятори з фазовим переходом

2. У скільки разів маса маховика М1 з алюмінієвого сплаву ($\sigma_1 = 5\cdot10^7$ Н/м^2, $\gamma_1 = 2800$ кг/м^3)) відрізняється від маси маховика м2 з тієї ж форми із кевлару ($\sigma_2 = 1{,}6\cdot10^7$ Н/м^2, $\gamma_2 = 1380$ кг/м^3) за умови, що енергія однакова?

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ №11

1.Теплоємнісні та термохімічні акумулятори, принцип дії.

2. Розрахунок галькового акумулятора.

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ №12

1.Розрахунок акумуляторів теплової енергії.

2. Водяний насос подає щохвилини 2000 кг води на висоту 30 метрів. Яка потужність двигуна насосу?

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ №13

1 Акумулювання електричної енергії індуктивними накопичувачами.

2. Водяний насос подає щохвилини 2000 кг води на висоту 30 метрів. Яка потужність двигуна насосу?

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ №14

1.Акумулювання електричної енергії ємнісними накопичувачами. Схеми заряду і розряду.

2.Порівняйте об'єм галькового акумулятора з об'ємом водяного при однаковій енергоємності.

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ №15

1.Акумулювання енергії механічними накопичувачами. акумулятори. Класифікація накопичувачів.

2. Виконайте розрахунок водяного акумулятора тепла з урахуванням теплових втрат.

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ №16

1.Гідро- та пневмоакумулятори.

2.Виконайте розрахунок статичних акумуляторів.

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ №17

1.Маховики. Супермаховики. Схеми, конструкції.

2 Виконайте оцінку обсягу водяного бака акумулятора для геліосистеми.

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ №18

1Паливні елементи. Конструкції. Основні властивості.

2. Виконайте розрахунок теплоємнісного акумулятора.

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ №19

1.Засоби передачі енергії на відстань (безперервний та разовий.) Основні вимоги до транспорту енергії.

2. Порівняйте об’єм галькового акумулятора з об’ємом водяного при однаковій енергоємності.

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ №20

1. Сучасні засоби передачі енергії у світі. Світові тенденції. Розвиток нових технологій.

2. Водяний насос подає щохвилини 2000 кг води на висоту 30 метрів. Яка потужність двигуна насосу?

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ №21

1Паливні елементи. Конструкції. Основні властивості.

2. Водяний насос подає щохвилини 2000 кг води на висоту 30 метрів. Яка потужність двигуна насосу?

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
Спеціальність Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Спеціалізація Відновлювані джерела енергії та ТЕВН Семестр 7
(назва)

Навчальна дисципліна Акумулювання енергії

Завдання до курсової роботи з курсу «Акумулювання енергії № 1

Розрахувати комплексну систему акумуляторів електричної та теплової енергії для автономного енергозабезпечення житлового будинку.
Вихідні дані.. До складу комплексної системи входять електрична батарея акумуляторів, теплоємнісний гальковий акумулятор, водяні акумулятори у прямокутному корпусі.

1. Потужність електричного навантаження - 3кВт, час резерву 60с, допустима напруга на навантаженні 210-230 В. Розрахувати і вибрати кількість і схему з'єднання акумуляторів в батарею.
2.Кількість корисної сонячної енергії, що уловлена геліо теплицею за 1 годину Q1=3кВт•год, кількість годин, протягом яких щільність потоку сонячної радіації відрізняється від максимального значення за день не більше ніж на 25% n=7год, Гідравлічний опір у підвідних повітропроводах ∑рв=25Па, число поворотів повітропроводу Nпов = 5. Розрахувати обсяг галькового акумулятора – площа перетину та висоту, вибрати діаметр гальки та загальний опір руху потоку повітря..
3. Розрахувати водяний тепловий акумулятор, час резерву tр = 2 дні, температура довкілля Т0 = 300К, температура води в баку-акумуляторі Та = 353К, необхідна енергія для підтримки живучості об'єкта за час резерву Qп = 120кВт • год. а) Тип акумулятора - прямокутний паралелепіпед, площа підлоги об'єкта, що обігрівається 80м2.
4. Підібрати площу колектора сонячної енергії та об'єм бака акумулятора гарячої води, якщо річний прихід сонячної енергії Е= 1150 кВтг/м2, f=0,7, кількість мешканців 4.

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
Спеціальність Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Спеціалізація Відновлювані джерела енергії та ТЕВН Семестр 7
(назва)

Навчальна дисципліна Акумулювання енергії

Завдання до курсової роботи з курсу «Акумулювання енергії №2

Розрахувати комплексну систему акумуляторів електричної та теплової енергії для автономного енергозабезпечення житлового будинку.

Вихідні дані

До складу комплексної системи входять електрична батарея акумуляторів, теплоємнісний гальковий акумулятор, водяні акумулятори у прямокутному та циліндричному корпусі.

1. Потужність електричного навантаження - 2кВт, час резерву 120с, допустима напруга на навантаженні 208-235В. Розрахувати і вибрати кількість і схему з'єднання акумуляторів в батарею. % n=5ч, Гідравлічний опір у підвідних повітропроводах ∑рв=25Па, число поворотів повітропроводу Nпов=4.
2.Розрахувати обсяг галькового акумулятора – площа перетину та висоту, вибрати діаметр гальки та загальний опір руху потоку повітря
3. Розрахувати водяний тепловий акумулятор, час резерву tр = 3 дні, температура довкілля Т0 = 300К, температура води в баку-акумуляторі Та = 363К, необхідна енергія для підтримки живучості об'єкта за час резерву Qп = 80кВт • год. а) Тип акумулятора - прямокутний паралелепіпед, площа підлоги об'єкта, що обігрівається 80м2. б) Тип акумулятора – циліндричний бак.
4. Підібрати площу колектора сонячної енергії та об'єм бака акумулятора гарячої води, якщо річний прихід сонячної енергії Е= 1370 кВтг/м2, f=0,6, кількість мешканців –7.

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
Спеціальність Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Спеціалізація Відновлювані джерела енергії та ТЕВН Семестр 7
(назва)

Навчальна дисципліна Акумулювання енергії

Завдання до курсової роботи з курсу «Акумулювання енергії №3

Розрахувати комплексну систему акумуляторів електричної та теплової енергії для автономного енергозабезпечення житлового будинку.

Вихідні дані

До складу комплексної системи входять електрична батарея акумуляторів, теплоємнісний гальковий акумулятор, водяні акумулятори у прямокутному та циліндричному корпусі.

1. Потужність електричного навантаження - 6кВт, час резерву 30с, допустима напруга на навантаженні 215-230В. Розрахувати і вибрати кількість і схему з'єднання акумуляторів в батарею. % n=4ч, Гідравлічний опір у підвідних повітропроводах ∑рв=55Па, число поворотів повітропроводу Nпов=5.
2. Розрахувати обсяг галькового акумулятора площа перерізу та висоту, вибрати діаметр гальки та загальний опір руху потоку повітря.
3. 3. Розрахувати водяний тепловий акумулятор, час резерву tр = 1 день, температура довкілля Т0 = 300К, температура води в баку-акумуляторі Та = 369К, необхідна енергія для підтримки живучості об'єкта за час резерву Qп = 90кВт • год. а) Тип акумулятора - прямокутний паралелепіпед, площа підлоги об'єкта, що обігрівається 120м2. б) Тип акумулятора – циліндричний бак.
4. Підібрати площу колектора сонячної енергії та об'єм бака акумулятора гарячої води, якщо річний прихід сонячної енергії Е= 920 кВт г/м2, f = 0,5, кількість мешканців –10.

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
Спеціальність Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Спеціалізація Відновлювані джерела енергії та ТЕВН Семестр 7
(назва)

Навчальна дисципліна Акумулювання енергії

Завдання до курсової роботи з курсу «Акумулювання енергії №4

Розрахувати комплексну систему акумуляторів електричної та теплової енергії для автономного енергозабезпечення житлового будинку.

Вихідні дані. До складу комплексної системи входять електрична батарея акумуляторів, теплоємнісний гальковий акумулятор, водяні акумулятори у прямокутному та циліндричному корпусі

1. Потужність електричного навантаження - 4кВт, час резерву 30с, допустима напруга на навантаженні 216-226В. Розрахувати та вибрати кількість та схему з'єднання акумуляторів у батарею.

2.Кількість корисної сонячної енергії, уловленої геліотеплицею за 1 годину Q1=6кВт•ч, кількість годин, протягом яких щільність потоку сонячної радіації відрізняється від максимального значення за день не більше ніж на 25% n=4ч, Гідравлічний опір у підвідних повітропроводах ∑рв=55Па, число поворотів повітропроводу Nпов=6. Розрахувати обсяг галькового акумулятора – площу перерізу та висоту, вибрати діаметр гальки та загальний опір руху потоку повітря.

3. Розрахувати водяний тепловий акумулятор, час резерву tр = 1.5 дня, температура довкілля Т0 = 283К, температура води в баку-акумуляторі Та = 353К, необхідна енергія для підтримки живучості об'єкта за час резерву Qп = 82кВт • год.

а) Тип акумулятора - прямокутний паралелепіпед, площа підлоги об'єкта, що обігрівається 95м2.

4. Підібрати площу колектора сонячної енергії та об'єм бака акумулятора гарячої води, якщо річний прихід сонячної енергії Е= 1120 кВтг/м2, f=0,4, кількість мешканців –2.

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Освітньо-кваліфікаційний рівень	бакалавр
Спеціальність	Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Спеціалізація	Відновлювані джерела енергії та ТЕВН Семестр 7 (назва)
Навчальна дисципліна	Акумулювання енергії

Завдання до курсової роботи з курсу «Акумулювання енергії» №5

Описати системи механічного акумулювання енергії, можливості їх застосування у сучасних умовах. Навести приклади використання рекуперативних систем.

Розрахувати максимальну енергію маховика, що запасається, у вигляді диска без центрального отвору з титанового сплаву (допустима механічна напруга 3•108 Н/м2, щільність 4600кг/м3), якщо маса маховика становить m = 100кг.

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
Спеціальність Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Спеціалізація Відновлювані джерела енергії та ТЕВН Семестр 7
(назва)

Навчальна дисципліна Акумулювання енергії

Завдання до курсової роботи з курсу «Акумулювання енергії» №6

Вихідні дані

Приміщення об'ємом V = 100 м3. Температура без опалення 16 °С, робоча температура = 20 °С.

Описати теплове акумулювання за допомогою фазового переходу. Запропонувати конструкційний матеріал, довести його вибір. Розрахувати геометричні параметри обраної теплової системи, масу фазоперехідного матеріалу.

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Освітньо-кваліфікаційний рівень	бакалавр
Спеціальність	Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Спеціалізація	Відновлювані джерела енергії та ТЕВН Семестр 7 (назва)
Навчальна дисципліна	Акумулювання енергії

Завдання до курсової роботи з курсу «Акумулювання енергії» №7

Описати системи механічного акумулювання енергії, можливості їх застосування у сучасних умовах. Навести приклади використання систем у давнину. Розрахувати максимальну енергію маховика, що запасається, у вигляді диска без центрального отвору з титанового сплаву (допустима механічна напруга 3•108 Н/м2, щільність 4600кг/м3), якщо маса маховика становить m = 1000кг.

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
Спеціальність Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Спеціалізація Відновлювані джерела енергії та ТЕВН Семестр 7
(назва)

Навчальна дисципліна Акумулювання енергії

Завдання до курсової роботи з курсу «Акумулювання енергії №8

1 Акумулювання енергії сонця. Для приватної сонячної станції потужністю 3кВт, підібрати та розрахувати обладнання. Акумулятори та інвертор для автономної роботи станції.
2. Системи акумулювання енергії на основі п’єзоефекту.

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Освітньо-кваліфікаційний рівень	бакалавр
Спеціальність	Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Спеціалізація	Відновлювані джерела енергії та ТЕВН Семестр 7 (назва)
Навчальна дисципліна	Акумулювання енергії

Завдання до курсової роботи з курсу «Акумулювання енергії» №9

1.Використання теплових насосів у системах теплопостачання.
2. Розрахувати систему опалення будинку площею 100 м^2 за допомогою низько потенційних джерел енергії.

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Освітньо-кваліфікаційний рівень	бакалавр
Спеціальність	Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Спеціалізація	Відновлювані джерела енергії та ТЕВН Семестр 7 (назва)
Навчальна дисципліна	Акумулювання енергії

Завдання до курсової роботи з курсу «Акумулювання енергії» №10

Розрахувати комплексну систему акумуляторів електричної та теплової енергії для автономного енергозабезпечення житлового будинку.

Вихідні дані

До складу комплексної системи входять електрична батарея акумуляторів, теплоємнісний гальковий акумулятор, водяні акумулятори у циліндричному корпусі.

1. Потужність електричного навантаження - 6кВт, час резерву 30с, допустима напруга на навантаженні 215-230В. Розрахувати і вибрати кількість і схему з'єднання акумуляторів в батарею. % n=4ч, Гідравлічний опір у підвідних повітропроводах ∑рв=55Па, число поворотів повітропроводу Nпов=4.
2. Розрахувати обсяг галькового акумулятора площа перерізу та висоту, вибрати діаметр гальки та загальний опір руху потоку повітря.
3. Розрахувати водяний тепловий акумулятор, час резерву tр = 1 день, температура довкілля Т0 = 300К, температура води в баку-акумуляторі Та = 369К, необхідна енергія для підтримки живучості об'єкта за час резерву Qп = 90кВт • год. а) Тип акумулятора. Тип акумулятора – циліндричний бак.
4. Підібрати площу колектора сонячної енергії та об'єм бака акумулятора гарячої води, якщо річний прихід сонячної енергії Е= 920 кВт г/м2, f = 0,5, кількість мешканців –3.

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Освітньо-кваліфікаційний рівень	бакалавр
Спеціальність	Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Спеціалізація	Відновлювані джерела енергії та ТЕВН Семестр 7 (назва)
Навчальна дисципліна	Акумулювання енергії

Завдання до курсової роботи з курсу «Акумулювання енергії» №11

1 Акумулювання енергії сонця. Для приватної сонячної станції потужністю 5кВт, підібрати та розрахувати обладнання. Акумулятори та інвертор для автономної роботи станції.
2. Системи зберігання енергії на основі стисненого повітря.

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
Спеціальність Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Спеціалізація Відновлювані джерела енергії та ТЕВН Семестр 7
(назва)

Навчальна дисципліна Акумулювання енергії

Завдання до курсової роботи з курсу «Акумулювання енергії»
№12

Розрахувати комплексну систему акумуляторів електричної та теплової енергії для автономного енергозабезпечення житлового будинку.

Вихідні дані

До складу комплексної системи входять електрична батарея акумуляторів, теплоємнісний гальковий акумулятор, водяні акумулятори у прямокутному та циліндричному корпусі.

1. Потужність електричного навантаження - 6кВт, час резерву 30с, допустима напруга на навантаженні 215-230В. Розрахувати і вибрати кількість і схему з'єднання акумуляторів в батарею. % n=4ч, Гідравлічний опір у підвідних повітропроводах ∑рв=55Па, число поворотів повітропроводу Nпов=5.
2. Розрахувати обсяг галькового акумулятора площа перерізу та висоту, вибрати діаметр гальки та загальний опір руху потоку повітря.
3. 3. Розрахувати водяний тепловий акумулятор, час резерву tр = 1 день, температура довкілля Т0 = 300К, температура води в баку-акумуляторі Та = 369К, необхідна енергія для підтримки живучості об'єкта за час резерву Qп = 90кВт • год. а) Тип акумулятора - прямокутний паралелепіпед, площа підлоги об'єкта, що обігрівається 120м2. б) Тип акумулятора – циліндричний бак.
4. Підібрати площу колектора сонячної енергії та об'єм бака акумулятора гарячої води, якщо річний прихід сонячної енергії Е= 920 кВт г/м2, f = 0,5, кількість мешканців –3

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
Спеціальність Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Спеціалізація Відновлювані джерела енергії та ТЕВН Семестр 7
(назва)

Навчальна дисципліна Акумулювання енергії

Завдання до курсової роботи з курсу «Акумулювання енергії» №13

Розрахувати гальковий тепловий акумулятор геліотеплиці

Вихідні дані.

Кількість корисної сонячної енергії, уловленої геліотеплицею за 1 годину
Q1=3кВт•год,
Кількість годин, протягом яких щільність потоку сонячної радіації відрізняється від максимального значення за день не більше ніж на 25%.
n = 7год, час резерву - 2 діб.
Гідравлічний опір у підвідних повітропроводах
∑рв = 25Па,
Число поворотів повітропроводу
Nпов=5.

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
Спеціальність Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Спеціалізація Відновлювані джерела енергії та ТЕВН Семестр 7
(назва)

Навчальна дисципліна Акумулювання енергії

Завдання до курсової роботи з курсу «Акумулювання енергії» №14

1. Розрахувати водяний тепловий акумулятор.

Вихідні дані

Час резерву tp = 3 дні.
Температура навколишнього середовища T_0 = 293К.
Температура води в баку-акумуляторі Та = 343К.
Необхідна енергія для підтримки живучості об'єкта під час резерву Qп = 140 кВт • год.
Тип акумулятора - прямокутний паралелепіпед, площа підлоги об'єкта, що обігрівається 80м2.

2.Системи акумулювання енергії за допомогою водню. Паливні елементи.

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
Кафедра інженерної електрофізики

Курсова робота з дисципліни «Акумулювання енергії»

Виконав студент групи

Керівник ст.викладач Марценюк В.Є.

Харків, 2021

ЗМІСТ

Вступ……. 3

1 Теплові акумулятори……. 6

1.1 Види та конструкції теплових акумуляторів 6

1.2 Розрахунок ґрунтового акумулятору тепла…….. 9

1.2.1 Розрахунок ТА з використанням еквівалентної поверхні теплообміну…… 11

1.2.2 Розрахунок площі ТА…… 12

Висновки…….……. 14

Список джерел інформації…….....….. 15

ВСТУП

В даний час енергозбереження – одне з пріоритетних завдань енергетики України. Це пов’язано з дефіцитом основних енергоресурсів, зростаючою вартістю їх здобичі, а також з глобальними екологічними проблемами..

Основна роль в збільшенні ефективності використання енергії належить сучасним енергозберігаючим технологіям. Їх впровадження в господарську діяльність як підприємств, так і приватних осіб на побутовому рівні, є одним з важливих кроків у вирішенні багатьох екологічних проблем – зміни клімату, забруднення атмосфери (наприклад, викидами від ТЕЦ), виснаження викопних ресурсів .

Енергозберігаючі технології застосовують і в будівництві, що носить комплексний характер. Сюди входить утеплення стін, енергозберігаюча крівля, енергозберігаючі фарби, склопакети, економічні системи обігріву і охолоджування поверхонь. Іншим способом енергозбереження являється використання нетрадиційних джерел енергії. Сонце світить усюди. На відміну від корисних копалини, якими природа на свій розсуд щедро наділила або, навпаки, обділила окремі країни, сонячна енергія належить всім. Це практично єдиний природний ресурс, який доступний людям, незалежно від місця їх мешкання. Але чекати милості від природи, як відомо, справа малоперспективна. Узяти їх, в нашому випадку - використовувати сонячне тепло для обігріву будинку і постачання його гарячою водою, сьогодні цілком реально.

До теперішнього часу у ряді країн вже накопичений певний досвід розробки, створення і експлуатації різних типів акумуляторів сонячного тепла з широким діапазоном параметрів. Відомі акумулятори об’ємом від декількох літрів до сотень тисяч кубічних метрів, з питомою енергоємністю вживаних тепло акумулюючих речовин від 0,1 до 1 Гкал/м3, з рівнями робочих температур аж до 500-600° З; тривалість зберігання тепла в різних акумуляторах складає від декількох годинників до декількох місяців.

1 ТЕПЛОВІ АКУМУЛЯТОРИ

1.1 Види та конструкції теплових акумуляторів

Акумулятором тепла (ТА) називається пристрій (або сукупність пристроїв), що забезпечує оборотні процеси накопичення, зберігання і вироблення теплової енергії відповідно до вимог споживача.

Процеси акумуляції тепла відбуваються шляхом зміни фізичних параметрів теплоакумулюючого матеріалу і за рахунок використання енергії зв'язку атомів і молекул речовин. Залежно від технічної реалізації використовується прямо акумуляція тепла, коли акумулюючий матеріал є одночасно і теплоносієм, непряма акумуляція - при різних теплоакумулюючих і теплопередаючих середовищах, а також різні види симбіозу названих випадків.

Кожне джерело теплової енергії впродовж своєї дії поставляє тепло в теплоакумулятор, який в міру необхідності віддає його в систему опалювання для підтримки відповідної температури в приміщенні, яке обігрівається. Найбільш поширеними і простими в застосуванні є акумулятори ємкісного типу, в яких використовується теплоємність речовини, яка нагрівається без зміни її агрегатного стану. Найчастіше використовується вода (дешево і зручно), рідше - водень, розчини солей, а також камінь, галька і так далі. Теплоакумулюючу здатність або потужність (Вт), яка може бути накопичена в акумуляторі теплоти ємкісного типу визначають за формулою:

$$Q = m \cdot c_p \cdot (T_2 - T_1) \qquad (1)$$

де m – маса теплоакумулюючої речовини, кг;

c_p – питома ізобарна теплоємність речовини Вт/(кг·К);

T_1, T_2 – середні значення початкової й кінцевої температур акумулюючої речовини, ^{o}С.

Найбільш поширеним серед рідинних є використання баків-акумуляторів тепла об'ємом 300-2000 л, які застосовуються в системах з природною і примусовою циркуляцією. У найпростішій конфігурації тепловий акумулятор це - вертикальний сталевий бак заввишки в 3-5 разів більшою від діаметру для

забезпечення температурного розшарування води. По всій висоті бака розміщені патрубки для підведення і відведення води, а також для монтування електричних Тенов.

Вода з найвищою температурою накопичується у верхній частині бака і може відводитися через верхні патрубки для опалювання радіаторами; менш нагріта вода (середня частина бака) може відводитися патрубками середнього рівня для опалювання теплими підлогами. Внутрішня поверхня бака не потребує захисту від корозії, оскільки в системах опалювання постійно використовується та ж вода, яка з часом стає «нейтральною». Для зменшення тепловтрат через стінки бака його необхідно ізолювати, наприклад, термостійким поролоном завтовшки до 100 мм (рис. 1).

У накопичувальному баку можуть бути передбачені горизонтальні перегородки, які розділяють його на секції з різними рівнями температури по висоті. До певної міри, це покращує ефективність акумуляції теплоти. Також він може комплектуватися ревізійним фланцем.

а) б)

а) без теплоізоляції, б) теплоізольований

Рисунок 1 - Водяний бак-акумулятор

Для підключення до системи теплопостачання сонячних колекторів в нижній частині бака розміщується сталевий теплообмінник. Таке його розміщення забезпечує можливість роботи контуру колекторів при найнижчій можливій температурі з максимальною ефективністю.

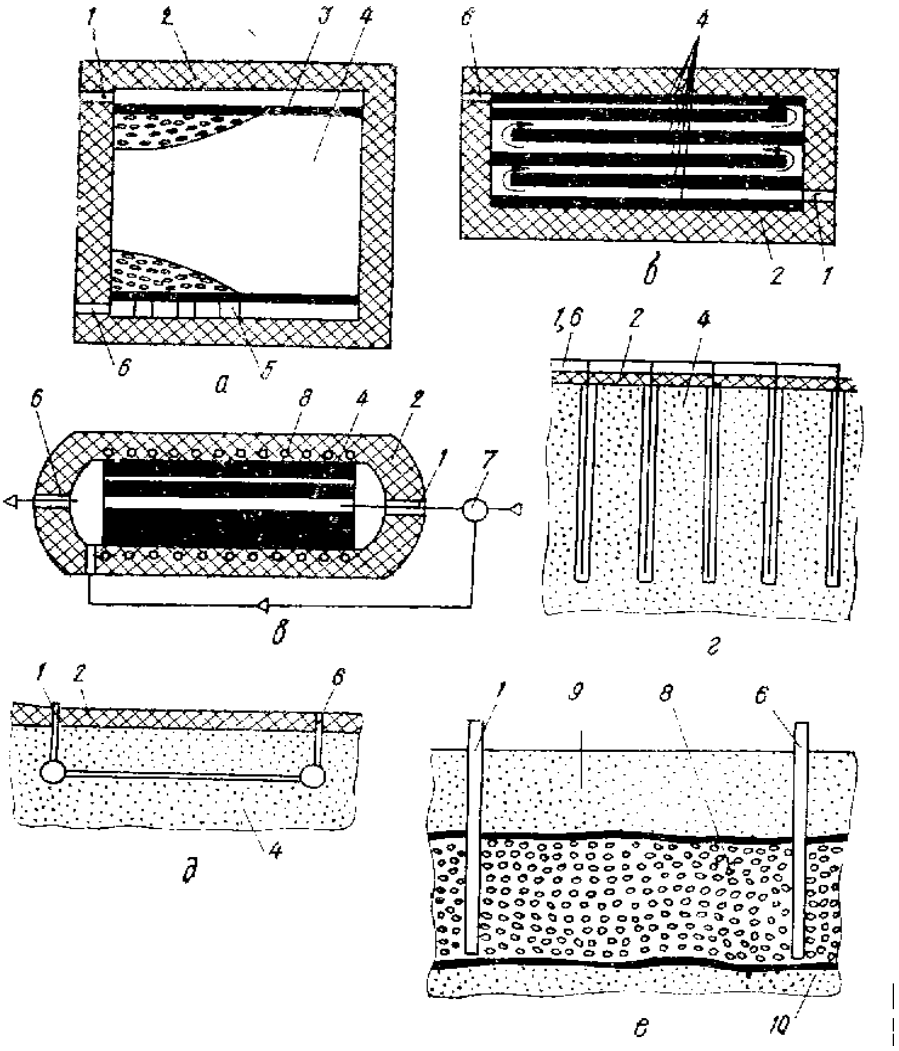
Традиційно для приготування питної гарячої води у верхній частині накопичувального бака розміщується невеликий резервуар (50-100 л). Цей резервуар повністю оточений гарячою водою, яка зумовлює швидку передачу тепла до питної води. Тут виникає достовірність розмноження легионел, що вимагає додаткових витрат на технічні засоби захисту. Альтернативним варіантом є застосування теплообмінника, виготовленого з харчової неіржавіючої сталі. У такому разі бак-акумулятор працює як проточний водонагрівач. У теплообміннику знаходиться мінімальний об'єм води, яка знижує достовірність утворення легіонел. Малий об'єм не означає низької продуктивності. Велика площа нагріву і запас тепло в акумуляторі дозволяють миттєво нагрівати потік холодної води до необхідної температури. [1]

Максимальна температура теплоакумуляторів не перевищує 90 °С. технічні вимоги до опалювальних казанів також визначають, що вищою температурною межею є показник 95°С. Тому при встановленні в своєму будинку буферного накопичувача тепла дуже важливим чинником є розміри і температурний режим опалювальних елементів, передбачених для використання в системі теплопостачання. Досвід показує, що найбільший ефект акумуляторів досягатиметься в системі низької температури. Якнайкраще система з тепловим акумулятором функціонуватиме в будинку з обігрівом за допомогою теплої полови.

Слід відмітити, що теплоакумулятор у багатьох випадках для комплексних систем теплопостачання виступає не як опція, яка робить систему комфортною і економічно вигідною, а як необхідний елемент - «серце» системи.

Теплові акумулятори з твердим ТАМ в даний час найбільш поширені. Це зв'язано в першу чергу з використанням недорогих матеріалів, простих і перевірених технічних рішень. У якості ТАМ використовуються найбільш дешеві матеріали - щебінь, феоліт (залізняк), залишки будівельних матеріалів.

В даний час розглядається декілька характерних технічних вирішень таких акумуляторів тепла (рис. 2*)*



б, в - канальний; *г, д* - підземний з вертикальними і горизонтальними каналами; *е* - у водоносному горизонті; 1- входу теплоносія; 2- теплоізоляції; *3* - розділові грати; *4* - ТАМ; 5 - опори; 6- виходу теплоносія; *7* - розділенні потоків; 8 -- індуктор; *9*- водоносний шар; *10* - водонепроникний шар.

Рисунок 2 - Основні типи ТА з твердим ТАМ: *а-с* пористою матрицею

Акумулятори з пористою матрицею застосовуються, як правило, в системах геліотеплопосточання. Такі ТА проектуються, як правило, з мінімальним гідравлічним опором, що дозволяє використовувати принцип вільно-конвективного перенесення. [2]

При заряді гарячий газ подається у верхню частину ТА і, охолоджуючись, опускається в його нижню частину. При розряді холодний газ подається в нижню

частину ТА, нагрівається і виходить з верхньої його частини. Таким чином, можна спроектувати систему теплопостачання, що вимагає тільки джерело теплової енергії (наприклад, Сонце).

Канальний ТА широко застосовується в системах електро-теплопостачання, що використовують позапікову енергію. Теплоакумулюючий матеріал (шамот, вогнетривка цеглина і т. п.) нагрівається в періоди мінімального споживання електроенергії, що дозволяє вирівнювати графіки завантаження електростанцій. Обігрів приміщень проводиться повітрям, що нагрівається в процесі проходження через матрицю.

Підземні акумулятори тепла з вертикальними каналами використовуються, як правило, для акумуляції сезонного тепла. Довжина одного каналу таких акумуляторів може досягати ста метрів, а загальна енергоємність тисяч кіловат. Підземні акумулятори тепла з горизонтальними каналами застосовуються для акумуляції тепла протягом декількох місяців. Основні характеристики найчастіше вживаних твердих ТАМ приведені в таблиці 1.

Теплові акумулятори з рухомою матрицею виконуються, як правило, у вигляді регенератора, що обертається, пристроїв з падаючими кулями і тому подібне Такі акумулятори застосовуються в пристроях регенерації теплової енергії і унаслідок малої тривалості робочого циклу мають невеликі габарити; ТА з рухомою матрицею можуть забезпечувати постійну температуру газу на виході.

З метою зменшення амплітуди коливань температури холодного газу використовується одночасна робота декількох акумуляторів, що розряджаються на загальний канал. В цьому випадку амплітуда коливань зменшується пропорційно кількості тих, що працюють ТА. Очевидно, що для досягнення постійної температури газу необхідна нескінченна їх кількість, що реалізується в регенераторі, що обертається

Таблиця 1 - Основні властивості твердих ТАМ

ТАМ	Температура °С	Густина , кг\м^3	Питома теплоємність, кДж\кг	Коефіцієнт	
				Теплопровідності, Вт\м•К	Температуро-провідності 10^{-6} м^2\с
Щебень	400	2500-2800	0,92	2,2-3,5	0,85-1,5
феоліт	400	3900	0,92	2,1	2,5
бетон	400	1900-2000	0,84	1,2-1,3	0,76
шамот	1700	1830-2200	1,1-1,3	0,6-1,3	0,21-0,65
графіт	3500	1600-2000	2,0	40-170	12-54
Кирпич	1000	1700-1800	0,88	0,7-0,8	0,5
пісок	——	1460-1600	0,8-1,5	0,3-0,2	—

Використання теплоти плавлення для акумуляції тепла забезпечує високу щільність енергії, що запасається, при використанні невеликих перепадів температур і достатньо стабільну температуру на виході з ТА. Проте більшість ТАМ в розплавленому стані є коррозіонноактивними речовинами, в основному мають низький коефіцієнт теплопровідності, змінюють об'єм при плавленні і відносно дорогі. В даний час відомий широкий спектр речовин, що забезпечують температуру акумуляції від 0 до 1400 °С.

При робочих температурах до 120°с рекомендується застосування кристаллогідридів неорганічних солей, що зв'язане в першу чергу з використанням природних речовин в якості ТАМ. Для реального застосування розглядаються тільки речовини, що не розкладаються при плавленні, або що розчиняються в надмірній воді, що входить в склад ТАМ. З метою забезпечення кристалізації з малим переохолодженням рідини необхідне застосування речовин, що є первинними центрами кристалізації. Для блокування розділення фаз або застосовуються загусники, або інтенсивне перемішування в процесі теплообміну. До теперішнього часу розроблені рекомендації, що забезпечують працездатність ТАМ на основі кристалогідратів протягом декількох тисяч циклів заряд - розряд. До недоліків кристалогідратів слід віднести також їх підвищену корозійну активність.

Використання органічних речовин практично повністю знімає питання корозійного руйнування корпусу, забезпечує високу щільність енергії, що запасається, непогані економічні показники. Розроблені до теперішнього часу способи поверхневої обробки органічних речовин (крафт - полімеризація - модифікація і т. п.) дозволяють створювати конструкції без явно вираженої поверхні теплообміну. Проте в процесі роботи органічних речовин відбувається зниження теплоти плавлення унаслідок руйнування довгих ланцюжків молекул полімерів. Застосування органічних матеріалів вимагає розвинених поверхонь теплообміну унаслідок низького коефіцієнта теплопровідності ТАМ. [3]

1.2 Розрахунок ґрунтового акумулятору тепла

1.2.1 Розрахунок ТА з використанням еквівалентної поверхні теплообміну

Температура піску у середині теплового акумулятора T_a, а температура назовні T_0, $T_0 = 3^{o}$C [4].

Для розрахунку скористаємося формулами

$$\tau = -\frac{c \cdot m \cdot R_m}{S} \cdot \ln\left(\frac{T - T_0}{T_a - T_0}\right), \qquad (2)$$

де τ – час остигання теплового акумулятора;

l – товщина ізоляції ТА;

λ – коефіцієнт теплопровідності теплоізоляції;

R_m – тепловий опір ізоляції ТА;

c, m - теплоємність і маса речовини ТА;

T_a , T_0 – температура піску у середині теплового акумулятора і назовні відповідно;

S – площа теплообміну між ТА і зовнішнім середовищем.

Нехай α - частка втрат тепла зарядженого ТА в перебігу часу τ_1. Тоді:

$$1 - \alpha = \frac{T - T_0}{T_A - T_0}, \text{ або } \alpha = \frac{T_A - T}{T_A - T_0} \qquad (3)$$

У практичних розрахунках баків акумуляторів часто приймають допущення, що зі всієї енергії, що запасається баком-акумулятором, корисно використовується тільки 50%, а останні 50% можуть або залишатися запасеними в баку (при хорошій теплоізоляції) або розсіюватися в навколишній простір.[5]

Тобто приймемо α = 0,5. Тобто кількість необхідної теплової енергії для акумулювання в ТА становитиме $Q_н = 2 \cdot Q_\Sigma = 2 \cdot 40 = 80$ ГДж. Розрахуємо необхідну товщину теплоізоляційного матеріалу виходячи з початкових даних:

1) для підтримки необхідного комфорту в будинку необхідне Q_X ГДж енергії на добу:

$$Q_X = Q_\Sigma / N,$$

де N – кількість днів опалювального періоду, N=185.

$$Q_X = 40 / 185 \approx 0{,}216 \text{ ГДж/добу}.$$

А середня потужність опалювача становитиме:

$$P_X = Q_X / (24 \cdot 3600) = 2500 \text{ Вт}$$

2) час розряду до 50% початкової енергії акумулятора позначимо через τ_p (при цьому $\frac{T - T_0}{T_A - T_0}$ =0,5);

3) ТА має форму прямокутної призми, замурований під підлогою будинку, при цьому вважаємо, що верхня грань ТА добре теплоізольована, і втрати тепла ТА відбуваються через 4 бічних стінки і нижню грань, при цьому, втрачене тепло нагріває прилеглий до ТА грунт, тим самим сприяє зменшенню тепловтрат (за рахунок зменшення градієнта температур між піском ТА і грунтом);

4) площа поверхонь ТА з якою відбувається теплові втрати позначимо S.

Визначимо величину теплового опору, приймаючи умову, що корисно використовується тільки 50% енергій, що дає з урахуванням (3):

$$\tau_p = -\frac{c \cdot m \cdot R_m}{S} \cdot \ln(1 - \alpha), \quad (4)$$

$$R_m = -\frac{S \cdot \tau_p}{m \cdot c \cdot \ln(1 - \alpha)}, \quad (5)$$

$$R_m = 1{,}443\frac{S\cdot\tau_p}{m\cdot c}. \quad (6)$$

До того ж повна енергія ТА складе:

$$Q_н = 2\cdot Q_\Sigma = 2\cdot P_X\cdot\tau_p. \quad (7)$$

А з урахуванням теплоємності «піщаного» ТА:

$$2\cdot P_X\cdot\tau_p = c_{пес.}\cdot m_{пес.}\cdot(T_A - T_0) \quad (8)$$

$$\tau_p = \frac{c_{пес.}\cdot m_{пес.}\cdot(T_A - T_0)}{2\cdot P_X} \quad (9)$$

Підставимо (9) у (5), і спростимо вираз:

$$R = 0{,}7215\cdot\frac{S(T_A - T_0)}{P_X} \quad (10)$$

1.2.2 Розрахунок площі ТА

Аби розрахувати площу ТА через яку відбуваються теплові втрати, звернемося до рисунку 4.. Таким чином площа (еквівалентна) буде знаходитися за формулою:

$$S = \frac{2((a+A)(c+C)+(c+C)(b+B))+(a+A)(b+B)}{4},$$

$$a=b,$$

$$A=B=a+2h,$$

$$C=c+2h,$$

$$S = 2(a+h)(c+h)+2(c+h)(b+h)+(a+h)(b+h) = (a+h)(a+4\cdot c+5\cdot h),$$

$$S = 5\cdot h^2+(4\cdot c+6\cdot a)\,h+4\cdot a\cdot c+a^2, \quad (11)$$

$$S^* = c\cdot a\cdot 4+S_p, \quad (12)$$

$$m_{пес.} = S_p\cdot c_{.}\cdot\rho_{пес.}, \quad (13)$$

де S^* - площа ТА через яку втрачається тепло;

$S_р$ = 120 м^2 – площа підлоги будинку;

c – висота теплового акумулятора;

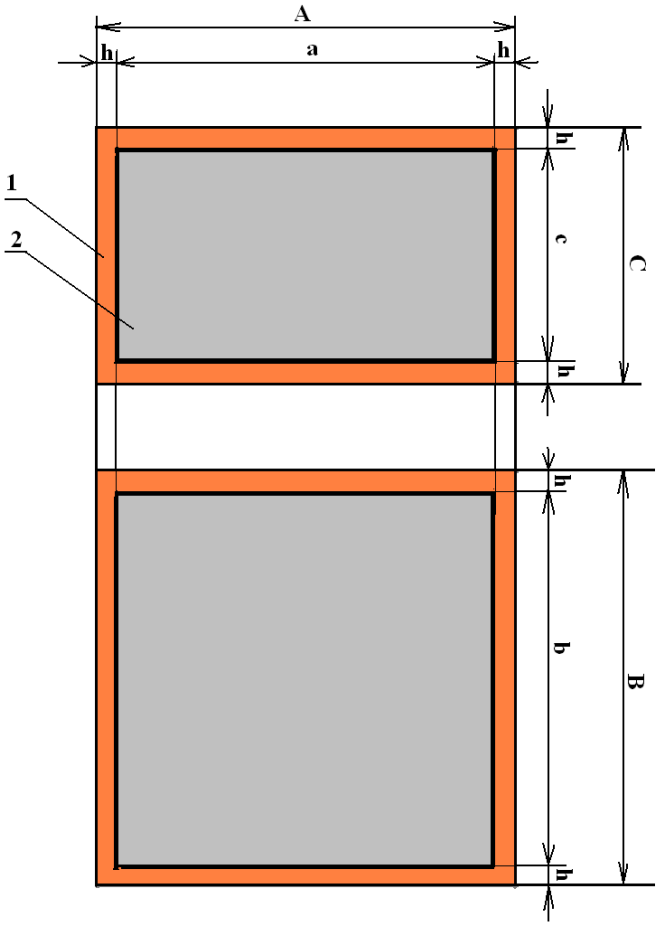
τ_p =185 діб – тривалість опалювального періоду;

$c_{пес}$ = 1,5 $\frac{кДж}{кг}$ – питома теплоємність піску;

$\rho_{пес.}$ = 1600 кг/м^3 – густина піски;

a=b=10 м – сторони квадратної основи ТА;

h – товщина теплоізоляції будівлі.



1 – теплоізоляція ТА (керамзит), 2 – теплоакумулююча речовина (пісок)

Рисунок 4. – Схематичне зображення ТА, що розраховується

Приймемо температуру акумулятора T_A = 85°С.

Використовуючи (7), (13) та рівняння кількості теплоти знайдемо c:

$$c = \frac{Q_н}{c_{пес.} \cdot \rho_{пес.} \cdot S_p (T_A - T_0)}, \tag{14}$$

$$c = \frac{120 \cdot 10^9}{1500 \cdot 1600 \cdot 100 (85 - 3)} = 6{,}1 \text{м}$$

Утепляти ТА будемо керамзитом. Визначимо необхідну товщину шару керамзиту h з формули, підставивши (11) і (10) в (15) (коефіцієнт теплопровідності керамзиту λ_i = 0,08 Вт/м).

$$R = h / \lambda_i \tag{15}$$

$$0{,}7215 \cdot \frac{(T_A - T_0)}{P_X} \cdot (5 \cdot h^2 + (4 \cdot c + 6 \cdot a)\, h + 4 \cdot a \cdot c + a^2) - h / \lambda_i = 0$$

$$0{,}7215\cdot\frac{(85-3)}{2500}\cdot(5\cdot h^2+(4\cdot 4{,}07+6\cdot 10)\,h+4\cdot 4{,}07+100)\ -\ h\ /\ \lambda_i=0$$

$$0{,}0237\cdot(5\cdot h^2+76{,}28\,h+116{,}28)\ -12{,}5\,h=0$$

$$h^2-87{,}92\,h+116{,}92=0 \qquad (16)$$

Це квадратне рівняння типу $\underline{a\cdot x^2+b\cdot x+c=0.}$ Коренями рівняння є числа, що знаходяться за формулами:

$$x_{1,2}=\frac{-b\pm\sqrt{b^2-4\cdot a\cdot c}}{2\cdot a}, \qquad (17)$$

Звідки: h_1=0,35; h_2=130,53.Другий корінь рівняння h_2 не задовольняє умовам задачі (оскільки ми розраховували теплоізоляцію ТА), тоді теплоізоляція ТА повинна бути не менше 0,35 м, нехай h= 0,5 м.

Отже піщаний ТА матиме габарити: 10×10×6,1; акумулююча речовина - пісок; теплоізоляція - керамзит завтовшки 0,5м. Для підтримки комфортних умов усередині будівлі в ТА необхідно запасти 80 ГДж тепла. [5]

ВИСНОВКИ

1 Розраховано грунтовий ТА двома способами. Перший спосіб вказав, що необхідно утеплювати ТА шаром керамзиту завтовшки 0,5 м, а другий – 0,9м, при об’ємі ТА 662 м^3. Аналогічно розраховано водяний ТА із залізобетонним гідроізольованим корпусом. Обидва способи розрахунку вказали, що теплоізоляція повинна бути шаром керамзиту завтовшки 0,4 м, при об’ємі ТА 400 м^3.

2 Для акумулювання гарячої води для побутових потреб обрано бак-акумулятор Regulus PS – 1500 об’ємом 1,5 м^3 з електричним водонагрівачем потужністю 1,5 кВт (на випадок тривалої відсутності сонячної енергії та для догріву води у зимовий період).

3 Для міжсезонного акумулювання теплової енергії обрано грунтовий ТА, так як водяний коштує на 50 % дорожче та потребує регулярного профілактичного ремонту.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1 http://www.teplobak.com.ua/

2Левенберг В.Д. Аккумулирование тепла. - Киев: Техника, 1991. — 112с.

3 В.А. Маляренко. Основи теплофізики будівель та енергозбереження: підручник. Харків. Видавництво САГА, 2006. – 486 с.