

Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного господарства та
природокористування

Навчально-науковий інститут агроекології та землеустрою
Кафедра екології, технології захисту навколишнього
середовища та лісового господарства

05-02-438М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних робіт та самостійної роботи
з навчальної дисципліни

«Альтернативні джерела енергії»

для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
за освітньо-професійною програмою «Технології захисту
навколишнього середовища» спеціальності 183 «Технології
захисту навколишнього середовища»
денної та заочної форми навчання

Рекомендовано
науково-методичною
радою з якості ННІАЗ
Протокол № 10
від 23.01.2024 року

Рівне – 2024

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Альтернативні джерела енергії» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Технології захисту навколишнього середовища» спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища» денної та заочної форми навчання [Електронне видання] / Варжель О. В. – Рівне : НУВГП, 2024. – 32 с.

Укладачі: Варжель О. В., д. філософії, старший викладач кафедри землеустрою, кадастру, моніторингу земель та геоінформатики; Колесник Т. М., к.с.-г.н., доцент, завідувач кафедри агрохімії, ґрунтознавства та землеробства.

Відповідальний за випуск: Клименко М. О., д.с.-г.н., професор, завідувач кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства.

Керівник групи забезпечення спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

Статник І. І.

© О. В. Варжель,
Т. М. Колесник, 2024
© НУВГП, 2024

ЗМІСТ

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1	4
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2	9
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3	12
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4	16
ПРАКТИЧНА РОБОТА №5	21
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6	23
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 7	28
ПЕРЕЛІК ТЕМ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ	31
ЛІТЕРАТУРА	31

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

Тема: Обґрунтування потреб житлового будинку у електроенергії та пошук шляхів її економії

Мета: навчитися розраховувати потреби житлового будинку у електроенергії та знаходити способи її економії

Завдання

1. Провести розрахунки: максимальних добових (пікових), середньодобових та середньомісячних потреб житлового будинку в електроенергії:

1) для **аварійного режиму** – за якого забезпечується мінімально необхідне постачання електроенергії для того, щоб життєво необхідні системи будинку не вийшли з ладу (щоб працював водяний насос, насос системи опалення, холодильник та 1-2 освітлювальних прилади);

2) для **базового режиму** – за якого забезпечується необхідне постачання електроенергії для того, щоб будинок функціонував та його жителі економно використовували енергію (без зайвих витрат);

3) для **комфортного режиму** – за якого забезпечується усі можливі потреби мешканців будинку та його систем у електроенергії.

2. Розв'язати задачі прикладного характеру.

3. Запропонувати способи та методи економії електроенергії для житлового будинку.

Хід роботи

1. Розрахунки потреб житлового будинку у електроенергії проводимо у формі таблиць 1.1-1.3. За основу розрахунків беремо потужність приладів, Вт, які передбачається експлуатувати для кожного режиму електрозабезпечення (потужність вказано на звороті приладу (на клейкій етикетці) чи у паспорті приладу) та тривалість їхньої роботи в середньому за добу.

2. Максимально добове (пікове) енергоспоживання – така кількість електроенергії, яка споживається у випадку одночасної роботи усіх приладів, які передбачено вмикати за того чи ін. режиму енергозабезпечення.

Таблиця 1.1

Проектна місячна потреба будинку у електроенергії в аварійному режимі електроспоживання

№	Споживач	Потужність, Вт	Тривалість роботи, год/добу	Днів	Витрата електроенергії замісяць, Вт-год/ місяць
1	Лампи енергозберігаючі (8*10Вт)	80		30	
2	Тепловий насос	5000			
3	Котел газовий із вбудованим насосом	100			
4	Насос глибинний	500			
5	Холодильник	450			
Максимальна пікова потужність P_{max}, Вт					
Середньодобове споживання електроенергії $P_{сер. доб}$, Вт/добу					
Середньомісячне споживання електроенергії $P_{сер. міс.}$, кВт/міс.					

Таблиця 1.2

Проектна місячна потреба будинку у електроенергії у базовому режимі електроспоживання

№	Споживач	Потужність, Вт	Тривалість роботи, год/добу	Днів	Витрата електроенергії за місяць, Вт год/місяць
1	Лампи енергозберігаючі (8*10Вт)	80			
2	Котел газовий із вбудованим насосом	90			
3	Тепловий насос	5000			
4	Насос глибинний	500			
5	Холодильник	450			
6	Ноутбук	80			
7	Телевізор	150			
8	Порохотяг	1500			
9	Праска	1500			
10	Пральна машина (режим нагріву)	2000			
11	Електроінструмент	1000			
12	Кухонний комбайн	700			
Максимальна пікова потужність P_{max}, Вт					
Середньодобове споживання електроенергії $P_{сер. доб}$, Вт/добу					
Середньомісячне споживання електроенергії $P_{сер. міс.}$, кВт/міс.					

Таблиця 1.3

**Проектна місячна потреба будинку у електроенергії у комфортному режимі
електроспоживання**

№	Споживач	Потужність, Вт	Тривалість роботи, год/добу	Днів	Витрата електроенергії за місяць, Вт-год/місяць
1	Лампи енергозберігаючі(8*10Вт)	80			
2	Котел газовий із вбудованим насосом	90			
3	Тепловий насос	5000			
4	Насос глибинний	500			
5	Холодильник	450			
6	Ноутбук	80			
7	Телевізор	150			
8	Порохотяг	1500			
9	Праска	1500			
10	Пральна машина (режим нагріву)	2000			
11	Електроінструмент	1000			
12	Кухонний комбайн	700			
13	Мікрохвильова річ	2000			
14	Електрочайник	2000			
15	Фен	1500			
16	Комп'ютер персональний	350			
17	Принтер струменевий	200			
18	Вентилятор	150			
Максимальна пікова потужність P_{max}, Вт					
Середньодобове споживання електроенергії $P_{сер. доб}$, Вт/добу					
Середньомісячне споживання електроенергії $P_{сер. міс.}$, кВт/міс.					

3. Задачі прикладного характеру:

Задача 1. Встановіть величину 100%-забезпечення електроенергією будинку в години пікових навантажень, якщо в ці години одночасно працюють такі електроприлади:

- лампи енергозберігаючі – 80 Вт/год – 5 шт,
- насос глибинний – 400 Вт/год – 1 шт, холодильник – 480 Вт/год – 1 шт,
- ноутбук – 85 Вт/год – 2 шт,
- телевізор – 130 Вт/год – 2 шт,
- пральна машина – 2200 Вт/год – 1 шт,
- мікрохвильова піч – 1700 Вт/год – 1 шт.

Задача 2. Оцініть величину середньомісячної економії електроенергії від заміни 8 ламп розжарювання потужністю 50 Вт/год на 8 LED ламп потужністю 5 Вт/год, якщо лампи в обох випадках працюють по 6 год/добу щоденно:

- a) 65 кВт/місяць;
- b) 75 кВт/місяць;
- c) 108 кВт/місяць;
- d) 84 кВт/місяць;
- e) 124 кВт/місяць.

Задача 3. Вкажіть величину пікового енергонавантаження будинку за 1 годину, якщо будуть працювати такі електроприлади: лампи освітлення – 10 шт потужністю кожної 10 Вт/год, мікрохвильова піч – 1 шт потужністю 1500 Вт/год, порохотяг – 1 шт потужністю 1500 Вт/год, електроплита – 1 шт потужністю 2000 Вт/год:

- a) 2000 Вт/год;
- b) 2775 Вт/год;
- c) 4500 Вт/год;
- d) 2775 Вт/год;
- e) 5100 Вт/год;
- f) 3500 год.

Задача 4. Оцініть величину середньомісячного (30 діб=4 тижні) енергоспоживання пральною машиною, якщо її середня потужність 2500 Вт/год, час роботи – 3 год 5 разів на тиждень:

- a) 150 кВт/місяць
- b) 72 кВт/місяць
- c) 120 кВт/місяць
- d) 200 кВт/місяць
- e) 20 кВт/місяць.

Питання для самоперевірки

- 1. На основі яких показників встановлюється потреба будинку в електроенергії?
- 2. Як розрахувати пікове (максимальне) енергонавантаження на житловий будинок?
- 3. Які способи енергозбереження ви використовуєте у своїй оселі?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2

Тема: Розрахунок теплового навантаження на підігрів води та систему газовентиляції будинку

Мета: розрахувувати теплове навантаження на підігрів води та систему газовентиляції будинку

Завдання

- 1. Розрахувати теплове навантаження на виробництво гарячої води
- 2. Розрахувати додаткове теплове навантаження на роботу системи газовентиляції.

Хід роботи

Завдання:

Варіант 1. Вихідні дані: двоповерховий утеплений житловий будинок загальною площею 120 м², в якому проживає сім'я з 4-х чоловік. Розрахункові тепловтрати будинку складають 6 кВт. Будинок обладнано припливно-витяжною вентиляцією продуктивністю $L = 200$ м³/год. Біля будинку ґрунт глинистий.

Варіант 2. Вихідні дані: двоповерховий утеплений

житловий будинок загальною площею 180 м², в якому проживає сім'я з 4-х чоловік. Розрахункові тепловтрати будинку складають 6 кВт. Будинок обладнано припливно-витяжною вентиляцією продуктивністю L = 200 м³/год. Біля будинку ґрунт глинистий.

Розрахунок теплового навантаження

Окрім витрати тепла на опалення будинку, тепловий насос (обігрівачий пристрій) повинен генерувати тепло на гаряче водопостачання (ГВП).

В житловому будівництві орієнтуються на максимальну витрату гарячої води в кількості близько 60 л/добу на людину при температурі 45°С. Це відповідає додатковому теплоспоживанню приблизно 0,30 кВт на людину при періоді нагріву 8 години.

Додаткове теплове навантаження на виробництво гарячої води

Споживання	Витрата гарячої води при температурі води 45°С л/добу на людину	Надбавка, що рекомендується, до теплоспоживання на приготування гарячої води кВт·год/люд
Низьке споживання	15-30	0,08-0,15
Нормальне споживання	30-60	0,15-0,30

Для підігріву води на побутові потреби додаткове тепло навантаження розраховуємо за формулою, кВт/добу:

$$Q_{\text{дод}}^{\text{в/п}} = N * q_{\text{Твод}}, \text{кВт/добу} \quad (1)$$

де N-кількість людей, що живе в будинку;

$q_{\text{Твод}}$ - питоме додаткове теплове навантаження на 1 людину, для підігріву води.

При витратах гарячої води T=45°С, V=30-60 л/добу, $q_{\text{Твод}}$ =0,15-0,30.

Система газовентиляції житлового будинку передбачає додаткові втрати тепла. Тому ці втрати мають поповнюватися додатковою роботою теплового насосу (чи ін. пристрою, що забезпечує обігрів будинку).

Звідси додаткове теплове навантаження на роботу системи газовентиляції розраховуємо за формулою:

$$Q_{\text{дод}}^{\text{вент}} = \frac{L}{3600} * \rho * c * (t_{\text{п}} - t_{\text{з}}), \text{ Вт} \quad (2)$$

де L- об'ємна продуктивність системи вентиляції, м³/год;

ρ -густина повітря (1,2) кг/м³;

c-ізобарна теплоємність повітря (1000) Дж/кг*С;

$t_{\text{п}}$ - температура повітря у приміщенні, ($t_{\text{п}}$ 18-20`С);

$t_{\text{з}}$ - температура повітря на вулиці взимку (середня мінімальна) ($t_{\text{з}}$ -10...-12⁰С).

Приймаємо умову, що весь об'єм повітря у приміщенні (600 м³) проходить систему вентиляції за 3 год, тоді об'ємну продуктивність системи вентиляції розраховуємо так:

$$L = \frac{V}{T_{\text{вент}}} \quad (3)$$

V - об'єм повітря у приміщенні, м³

$T_{\text{вент}}$ - час, за який відбувається повний повітрообмін через систему вентиляції, год

$$T_{\text{вент}} = \frac{1}{n} \quad (4)$$

де n – кратність вентиляції, разів/год (приймаємо 2)

Питання для самоперевірки

1. Від яких параметрів залежить додаткове

теплоспоживання?

2. В яких одиницях вимірюється додаткове тепловантаження?

3. Що таке ізобарна теплоємність повітря

4. ?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

Тема: Обґрунтування теплозабезпечення будинку фермера за допомогою теплового насоса

Мета: обґрунтувати теплозабезпечення будинку за допомогою теплового насоса

Завдання

1. Розрахувати потужність теплового насоса.
2. Розрахувати додаткове теплове навантаження на підігрів води та вентиляцію будинку.
3. Обґрунтувати розміри теплообмінника із вертикальним зондом.
4. Розрахувати додаткове джерело теплозабезпечення.

Хід роботи

Тепловий насос

Тепловий насос передбачається з метою забезпечення будинку теплом. Теплообмінний тепловий насос будинку знаходиться у ґрунті і розташований горизонтально, оскільки площі прибудинкової території є достатніми (>0,15 га).

Потужність теплового насоса для будинку розраховується за формулою:

$$Q = k \times V \times \Delta T, \quad (3.1)$$

де k – загальний коефіцієнт теплопередачі будівлі (для будівель стандартної кладки цегли у 2 шари становить 1-2); V – об'єм приміщення, м³; ΔT – максимальний перепад між температурою повітря, зовні та всередині, приміщення в зимовий час.

Максимальний перепад між температурою ΔT визначається за формулою:

$$\Delta T = T_{\text{пр}} - T_{\text{пов}}, \quad (3.2)$$

Для продовження роботи теплового насосу і збільшення його довговічності необхідно, щоб теплоносії акумулювався у буферній ємності.

Об'єм буферної ємності залежить від кількості тактів теплового насосу, яка становить 3,5 разів/год.

Для 3 тактів (V_{3T}) на 1кВт потрібно 30 л теплоносія:

$$V_{B_{3T}} = Q \times V_{3T}, \quad (3.3)$$

Для 5 тактів (V_{5T}) – 20 л/кВт теплоносія:

$$V_{B_{5T}} = Q \times V_{5T}, \quad (3.4)$$

Об'єм буферної ємності, виходячи з розрахунків, приймаємо 1500 м³.

Розраховуємо потужність ґрунтового теплообмінника, який закладаємо горизонтально у траншеї на мінімальну глибину, яка дорівнює 2 глибинам промерзання ґрунту.

Оскільки у нашій місцевості максимальна глибина промерзання ґрунту дорівнює 0,9 м, то мінімальна глибина закладання труб теплообмінника становитиме 4 м. В проекті приймаємо 5 м.

$$Q_{\text{ГТ}} = Q \frac{(\text{COP} - 1)}{\text{COP}}, \quad (3.5)$$

де COP – коефіцієнт трансформації, розраховується залежно від характеристик теплоносія:

$$\text{COP} = \frac{Q_h}{n} \quad (3.6)$$

За температуру теплоносія (антифризу) приймаємо -10° С, тоді COP = 2,35.

Для підігріву води на побутові потреби додаткове тепло

навантаження розраховуємо за формулою:

$$Q_{\text{дод}}^{\text{В/п}} = N * q_{T_{\text{вод}}}, \quad (3.7)$$

де N – кількість людей, що живе в будинку (приймаємо за 3); $q_{T_{\text{вод}}}$ – питоме додаткове теплове навантаження на 1 людину, для підігріву води.

При витратах гарячої води $T = 45^\circ \text{C}$, $V = 30\text{-}60$ л/добу, $q_{T_{\text{вод}}} = 0,15\text{-}0,30$ кВт/люд.

Додаткове навантаження на роботу системи газу вентиляції розраховуємо за формулою:

$$Q_{\text{дод}}^{\text{вент}} = \frac{L}{3600} * \rho * c * (t_{\text{л}} - t_{\text{з}}), \quad (3.8)$$

де L – об'ємна продуктивність системи вентиляції, $\text{м}^3/\text{год}$; ρ – густина повітря (1,2) $\text{кг}/\text{м}^3$; c – ізобарна теплоємність повітря (1000) $\text{Дж}/\text{кг} * \text{C}$; $t_{\text{л}}$ – літня температура (20-26 $^\circ\text{C}$); $t_{\text{з}}$ – зимова температура (-20-(-15) $^\circ\text{C}$).

Приймаємо умову, що весь об'єм повітря у приміщенні (600 м^3) проходить систему вентиляції за 3 год, тоді об'ємну продуктивність системи вентиляції розраховуємо так:

$$L = V * T_{\text{вент}} \quad (3.9)$$

Загальна потужність теплового насосу визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{ТН}}^{\text{заг}} = Q + Q_{\text{дод}}^{\text{В/п}} + Q_{\text{дод}}^{\text{вент}}, \quad (3.10)$$

Робимо поправку на потужність ґрунтового теплообмінника, який забезпечить роботу систем обігріву, гарячого водопостачання та вентиляції, за формулою:

$$Q_{\text{ТН}}^{\text{заг}} = \frac{Q_{\text{ТН}}^{\text{заг}} (\text{COP} - 1)}{\text{COP}}, \quad (3.11)$$

Враховуючи дуже велику потужність теплового насосу (60,4 кВт) та прогнозу високу вартість системи теплообмінника, а також ті умови, що на території фермерського господарства буде запроєктовано біогазів комплекс, який може постачати біогаз для додаткового обігріву будинку фермера, проектну потужність теплового насосу зменшуємо у 3 рази, таким чином, щоб $Q_{\text{ТН}}^{\text{заг}}$ не було більшим за 20 кВт.

Відповідно проводимо перерахунок проектної потужності ґрунтового теплообмінника горизонтальної конфігурації:

$$Q_{\text{ГН}}^{\text{ПР}} = \frac{Q_{\text{ТН}}^{\text{заг}} - \text{ПР} (\text{COP} - 1)}{\text{COP}}, \quad (3.12)$$

Проводимо розрахунок трубопроводів горизонтального теплообмінника, який будемо закладати в траншеї глибиною 5м.

$$L = \frac{Q_{\text{заг}}^{\text{ТН}}}{q_{\text{пит}}^{\text{ГР}}}, \quad (3.13)$$

де $q_{\text{пит}}^{\text{ГР}}$ – величина питомого теплотривою (тепловіддачі) 1 м ґрунту (для суглинку важкого становить 40-50 Вт/м).

Для горизонтальних теплообмінників величина тепловіддачі із ґрунту залежить від глибини занурення теплообмінника і становить 50-80 Вт/м.

Оскільки геологічних вишукувань не проводилось, то приймаємо величину теплотривою для 1 м теплообмінника з вертикальним зондом 55 Вт/м ($q_{\text{пит}}^{\text{ГР}}$).

Розрахунок трубопроводів горизонтального теплообмінника із вертикальним зондом:

$$L_{\text{В}} = \frac{Q_{\text{ГН}}^{\text{ПР}}}{q_{\text{пит.в.}}^{\text{ГР}}}, \quad (3.14)$$

Приймаємо допустиму глибину буріння виходячи із геологічних умов $h_{\text{доп}} = 30\text{-}40\text{м}$; $h_{\text{доп}}^{\text{ПР}} = 35\text{ м}$.

Тоді глибина кожної свердловини становить 35 м, і в кожній свердловині можна розмістити 70 м теплообмінника.

Тоді проектна кількість свердловин розраховується так:

$$N_{\text{св}} = \frac{L_{\text{в}}}{l_{\text{в}}} \quad (3.15)$$

Оскільки обігрів будинку у найбільш холодний період року потребує великих втрат тепла, із врахуванням нагріву води і системи вентиляції, які еквівалентні 60,4 кВт, а проектна потужність ТН 20 кВт, ми маємо недотримання тепла для потреб будинку, яке визначається так:

$$\Delta Q = Q_{\text{ТН}}^{\text{заг}} - Q_{\text{ТН}}^{\text{заг-ПР}}, \quad (3.16)$$

Питання для самоперевірки

1. Що являє собою тепловий насос (з чого складається та як забезпечує отримання тепла)?
2. Яким чином тепловий насос забезпечує температуру теплоносія на рівні 50 0 С?
3. На основі яких показників встановлюється потреба будинку в тепловій енергії?
4. Які показники потрібно знати, щоб встановити довжину теплообмінника теплового насосу?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4

Тема: Обґрунтування типу та технічно досяжної потужності вітрогенератора

Мета: навчитися обґрунтовувати тип вітрогенератора та встановлювати його технічно досяжну потужність залежно від швидкості вітру території

Завдання

1. Розрахувати потужність одного вітрогенератора згідно вихідних даних.
2. Встановити необхідну кількість вітрогенераторів для

забезпечення потреб житлового будинку у електроенергії (для базового режиму енергоспоживання, див. практичну роботу № 1).

3. Розв'язати 2 задачі (в кінці практичної роботи).

Враховуючи те, що вітрогенератора забезпечують понад 90% потреб електроенергії взимку, то необхідна потужність вітрогенератора приймається така ж, як і потужність сонячної електростанції, із поправкою на те, що вітер дме протягом усієї доби зі швидкістю, яка дорівнює середній швидкості вітру за місяць.

Загальна технічно досяжна потужність вітроелектростанції розраховується за формулою:

$$Q_{\text{вітр}}^{\text{пр.заг}} = \frac{Q_{\text{сер.доб з}}}{K_{\text{ак}}}, \quad (4.1)$$

де: $Q_{\text{сер.доб з}}$ – середня за годину протягом доби величина споживання електроенергії будинком для базового режиму енергоспоживання (див. практичну роботу № 1), кВт/год; $K_{\text{ак}}$ – коефіцієнт допустимого рівня розрядки акумуляторів (для літій-йонних акумуляторів $K_{\text{ак}} = 100\% - 40...35\% = 0,60...0,65$ (акумулятори не рекомендовано розряджати нижче за 35%...40%)).

Необхідно визначитися з потужністю навантаження в середньому на 1 вітрогенератор на основі розрахунків потужності вітрового потоку, яка розраховується за формулою:

$$P_{\text{вітр}} = K * R * V^3 * \frac{S}{2}, \quad \text{Вт/год} \quad (4.2)$$

де: K – коефіцієнт ефективності турбіни (0,2-0,5) (для трилопатевих вітряків горизонтального типу $K=0,4$); R – щільність повітря, кг/м³ (1,225 кг/м³); V – швидкість потоку повітря, м/с (швидкість вітру середньорічна, м/с); S – площа вітрового потоку, м² (формула 4.3):

$$S = \frac{\pi D^2}{4}, \quad (4.3)$$

D – діаметр лопатей вітрогенератора, м.

Розрахунки потужності вітрогенератора заданої конфігурації, для кожного з місяців досліджуваного періоду (листопад-березень) проводимо в табл. 4.1.

За результатами розрахунку (табл. 4.1) встановити межі потужності вироблення електроенергії горизонтальними вітрогенератора, $P_{min}^{вітр}$ і $P_{max}^{вітр}$.

Необхідну кількість вітрогенераторів визначають за формулою:

$$n_{вітр} = \frac{Q_{сонз}^{пр}}{P_{min}^{вітр}}$$

Або якщо сонячну електростанцію не обґрунтовано (для нашого випадку):

$$n_{вітр} = \frac{Q_{вітр.заг}^{пр.заг}}{P_{min}^{вітр}}, \quad (4.4)$$

$Q_{пр}$ – величина середньодобового енергоспоживання (електроенергії) будинком у **базовому режимі** (практична робота №1), кВт/год.

Мінімальна віддаль розміщення вітрогенераторів встановлюється за формулою:

$$L_{min} = 15 \times D, \quad (4.5)$$

де D – діаметр вітроколеса, м.

Таблиця 4.1

Розрахунок проектних потужностей горизонтальних (вертикальних) вітрогенераторів

Проектні показники	Місяць досліджуваного періоду (швидкість вітру, $V_{сер}$, м/с)				
	XI	XII	I	II	III
Горизонтальні вітрогенератори	Потужність вітрогенератора, P , Вт/год				
$K = 0,40$					
$R = 1,225 \text{ кг/м}^3$					
V , м/с	5,1	4,9	4,8	4,7	4,6

P ₁ ;	D=1					
P ₂ ;	D=2					
P ₃ ;	D=3					
P ₄ ;	D=4					
P ₅ ;	D=5					
P ₆ ;	D=6					
P ₇ ;	D=7					
P ₈ ;	D=8					
Вертикальні вітрогенератори						
K = 0,20		Потужність вітрогенератора, P, Вт/год				
R=1,225 кг/м ³						
V, м/с		5,1	4,9	4,8	4,7	4,6
P ₁ ;	D=1					
P ₂ ;	D=2					
P ₃ ;	D=3					
P ₄ ;	D=4					
P ₅ ;	D=5					
P ₆ ;	D=6					
P ₇ ;	D=7					
P ₈ ;	D=8					

Загальна потужність вітрогенераторів розраховується за формулою:

$$P_{\Sigma}^{\text{вітр}} = n^{\text{ПР}} * P_{\text{min}}^{\text{вітр}} \quad (4.6)$$

Мінімальна висота опори ($H_{\text{ПР}}$) кожного вітрогенератора становитиме:

$$H_{\text{ПР}} = h + c + R, \quad (4.7)$$

де R – радіус ротора ($R = D/2$); h – висота перешкоди біля вітроустановки ($h = 8$ м); c – відстань від верхівки перешкоди до нижньої точки кола обмаху ротора ($c = 2$ м).

Відстань між ногами фермерної опори вітрогенератора

визначається так:

$$l_{\text{ПР}} = H_{\text{ПР}} * 0,3, \quad (4.8)$$

Задачі

Задача 1. Розрахувати технічно можливу потужність вітрогенератора горизонтального типу та мінімально допустиму висоту опори, якщо мінімальна середньодобова швидкість вітру місцевості = 5,4 м/с, вітрогенератор має такі характеристики:

- 3 крила;
- радіус ротора: 2,5 м;
- коефіцієнт енергоефективності турбіни: 0,45;
- висота перешкоди біля вітроустановки: 5,5 м;
- відстань від верхівки перешкоди до нижньої точки кола обмаху ротора: 2,0 м;
- щільність повітря: 1,225 кг/м³.

Задача 2. Підберіть проектну потужність вітрогенератора із трилопатевим вітроколесом горизонтального типу діаметром 6 м, якщо середньорічна швидкість вітру на даній території дорівнює 5,5 м/с, коефіцієнт ефективності вітрогенератора становить 0,45, щільність повітря дорівнює 1,225 кг/м³.

- a) 650 Вт/год
- b) 565 Вт/год
- c) 1295 Вт/год
- d) 250 Вт/год

Питання для самоперевірки

1. Що являє собою вітрогенератор (з чого складається та який тип енергії виробляє)?
2. Які установки входять до складу вітроелектростанції?
3. Які показники потрібно знати, щоб розрахувати технічну потужність вітрогенератора?

ПРАКТИЧНА РОБОТА №5

Тема: Обґрунтування проектних характеристик сонячної електростанції

Мета: обґрунтувати проектні характеристики сонячної електростанції

Завдання

1. Встановити необхідну потужність сонячної батареї для аварійного режиму.

2. Встановити необхідну потужність сонячної батареї для базового режиму.

3. Встановити необхідну потужність сонячної батареї для комфортного режиму.

Хід роботи

На основі табл. 3.1-3.3 було встановлено, що для аварійного режиму середньодобове споживання електроенергії становитиме:

$$Q_{\text{сер.доб}}^{\text{ел}} = \frac{Q_{\text{міс 1}}^{\text{ел}}}{N}, \quad (5.1)$$

Максимальне миттєве споживання електроенергії протягом доби:

$$Q_{\text{мах.мит}} = \frac{Q_{\text{сер.доб}}^{\text{ел}}}{24}, \text{кВт} \quad (5.2)$$

Отже, для аварійного режиму роботи нашого обладнання достатньо було б сонячних панелей загальною потужністю кВт, якби вони акумулювали енергію цілу добу.

Враховуючи ті умови, що наша гібридна система «вітрогенератор+сонячні батареї» буде розподіляти максимальну потужність своєї роботи, відповідно таким чином: сонячні батареї забезпечуватимуть більше 90% електроенергії в літній період(квітень-жовтень), а вітрогенератор в зимній (листопад-березень).

Враховуючи тривалість сонячного світіння, яка в літній

період становить для Рівненської області 8 год, поправочний коефіцієнт на неповну роботу сонячних батарей становитиме:

$$K_{\text{сон}} = \frac{8}{24} = 0,3$$

Також враховуючи, що сонячні батареї повинні забезпечувати повну зарядку акумуляторів, враховуючи що в період максимального електроспоживання акумулятори віддаватимуть 60-79% акумуляованої енергії, тому додатково вводимо поправочний коефіцієнт на забезпечення ефективної енергії $K_{\text{ак}} = 0,60-0,70$, $K_{\text{ак}}^{\text{IP}} = 0,65$.

Необхідна потужність сонячної батареї, для аварійного режиму, становитиме:

$$Q_{\text{сон } 1}^{\text{IP}} = \frac{Q_{\text{макс.мит}}}{K_{\text{сон}} * K_{\text{ак}}^{\text{IP}}}, \text{ кВт} \quad (5.3)$$

Аналогічно проводимо обґрунтування потужності сонячної електростанції, для базового і комфортного режимів електрозабезпечення будинку.

Середньодобове споживання електроенергії, для базового режиму, становитиме кВт год/добу, а максимальне миттєве споживання електроенергії протягом добикВт.

Тоді необхідна потужність сонячної батареї, для базового режиму, становитиме..... кВт.

Середньодобове споживання електроенергії, для комфортного режиму, становитиме такожкВт год/добу, а максимальне миттєве споживання електроенергії протягом доби кВт.

Тоді необхідна потужність сонячної батареї, для комфортного режиму, становитиме кВт.

Остаточо розрахунок потужності сонячної електростанції приймаємо для комфортного режиму, на основі показників середньодобового споживання електроенергії. Вона становитиме кВт.

Питання для самоперевірки

1. Що являє собою сонячна батарея (з чого складається та який тип енергії виробляє)?
2. Яким чином виникає електричний струм у сонячній батареї?
3. Які установки входять до складу сонячної електростанції?
4. Які показники потрібно знати, щоб визначити термін окупності сонячної електростанції?
5. Які показники потрібно знати, щоб розрахувати технічну потужність сонячних батарей та акумулятора до них?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6

Тема: Обґрунтування біогазового комплексу для переробки відходів на біогаз

Мета: обґрунтувати біогазовий комплекс для переробки відходів на біогаз

Завдання

1. Визначити потужність біогазового комплексу, який перероблятиме відходи тваринницької ферми на 70 голів ВРХ та встановити забезпечення теплової енергії, яку повинен видавати газовий котел

Хід роботи

У нашому фермерському господарстві відходи утворюватимуться на тваринницькій фермі, яка має такі характеристики:

- 1) вид тварин-корови;
- 2) кількість голів-70;
- 3) тип системи видалення екскрементів –самосплавна;
- 4) добова кількість підстилки $m_{п}$ -1,5 кг/голову.

Об'єм гносприймача визначаємо за формулою:

$$V_{зб} = \frac{Q_{г}}{\rho} * t_{н} * k_{в}, \quad (6.1)$$

де Q_{Γ} – добовий вихід гною з ферми, кг/добу; ρ – густина гною, кг/м³ (1080); $t_{\text{н}}$ – час накопичення гною (2 доби); $k_{\text{в}}$ – коефіцієнт, що враховує зміну густини сировини за час накопичення(1); n – поголів'я тварин; $m_{\text{е}}$ – маса екскрементів від 1 тварини (55 кг/добу); $m_{\text{в}}$ – добова кількість води, що потрапляє в систему гноєсховища. Оскільки система видалення гною самосплавна, то $m_{\text{в}}=0,3 * m_{\text{е}}$; $m_{\text{п}}$ – добова кількість підстилки.

Добовий вихід гною визначається за формулою:

$$Q_{\Gamma}=n (m_{\text{е}}+ m_{\text{в}}+ m_{\text{п}}), \text{ Т/добу} \quad (6.2)$$

Вологість гною визначаємо так:

$$W_{\Gamma}=W_{\text{е}} - 0,01 * P_{\text{п}} (W_{\text{е}} - W_{\text{п}})+0,01 * P_{\text{в}} (100- W_{\text{е}}), \quad (6.3)$$

де $W_{\text{е}}$ – вологість екскрементів(86-87%); $W_{\text{п}}$ – вологість підстилки(20%); $P_{\text{п}}$ – частка підстилки у гної(12-13%); $P_{\text{в}}$ – частка води у гної(2-3%).

Згідно виконаних розрахунків визначаємо об'єм гноєприймача:

$$V_{\text{зб}} =$$

Добовий обсяг завантаження метантенка визначається за формулою:

$$Q_{\text{мет}} = \frac{W_{\Gamma} * Q_{\Gamma}}{W_{\text{бр.м}}}, \quad (6.4)$$

де $W_{\text{бр.м}}$ – вологість бродильної маси у метантенку ($W_{\text{бр.м}}=92\%$).

Об'єм бродильної камери визначаємо так:

$$V_{\text{к}} = \frac{Q_{\text{мет}} * 100}{p * q}, \quad (6.5)$$

(4.5)

де p – добова доза завантаження(для мезофільного процесу $p = 7\%$); q – коефіцієнт заповнення камери($q = 0,8$).

Добовий вихід біогазу визначаємо за формулою:

$$V_{\text{бг}} = \frac{Q_{\Gamma} * \frac{100 - W_{\Gamma}}{100} * z}{100 * k * \rho_{\Gamma}}, \quad (6.6)$$

де z – стан розкладання органічної речовини($z = 30\%$); k – коефіцієнт розчинності біогазу ($k = 1,3$); ρ_{Γ} – густина біогазу ($\rho_{\Gamma} = 0,00117 \text{ т/м}^3$).

Для біогазових установок існує 2 статті витрат тепла:

- 1) на підігрівання біомаси;
- 2) на компенсацію тепловтрат метантенком.

Розрахуємо **витрати теплової енергії на роботу біогазової установки**, для підігрівання біомаси(в цілому за рік):

$$Q_{\text{бгв}} = Q_{\text{бгв}}^{\text{тп}} + Q_{\text{бгв}}^{\text{хп}}, \quad (6.7)$$

де $Q_{\text{бгв}}^{\text{тп}}$, $Q_{\text{бгв}}^{\text{хп}}$ – кількість теплоти, що витрачається на підігрівання біомаси в теплий/холодний період року, МДж.

Кількість теплоти, що витрачається на підігрівання біомаси в теплий та холодний період року:

$$Q_{\text{бгв}}^{\text{тп}} = c_{\Gamma} * \frac{t_{\text{тп}} * Q_{\Gamma}}{\eta} * \Delta t, \quad (6.8)$$

$$Q_{\text{бгв}}^{\text{хп}} = c_1 * \frac{t_{\text{хп}} * Q_{\Gamma}}{\eta} * \Delta t, \quad (6.9)$$

де c_{Γ} – теплоємність гною($c_{\Gamma} = 4,06 * 10^{-3} \text{ МДж/кг} * ^{\circ}\text{C}$); $t_{\text{тп}}$ – тривалість теплового періоду($t_{\text{тп}} = 150$ діб); $t_{\text{хп}}$ – тривалість холодного періоду($t_{\text{хп}} = 215$ діб); η – ККД нагрівача($\eta = 70\%$); Δt –

різниця температур бродіння та маси гною, яка подається у метантенк(для $t_{тп}=20^{\circ}\text{C}$; для $t_{хп} = 30^{\circ}\text{C}$).

$$Q_{\text{бгу}}^{\text{тп}} = \dots \dots \dots \text{МДж}$$

$$Q_{\text{бгу}}^{\text{хп}} = \dots \dots \dots \text{МДж}$$

$$Q_{\text{бгу}} = \text{МДж}$$

Кількість біогазу, яка необхідна, для підігріву біомаси визначаємо так:

$$V_{\text{бгу}} = \frac{Q_{\text{бгу}}}{q_{\text{бгу}}} \quad (6.10)$$

де $q_{\text{бгу}}$ – теплотворна здатність біогазу($q_{\text{бгу}}= 22 \text{ МДж/м}^3$).

$$V_{\text{бгу}} = \dots \dots \dots \text{м}^3$$

Витрати біогазу на компенсацію тепловитрат метантенком визначається за формулою:

$$V_{\text{вт}} = \frac{Q_{\text{бгу}} * k_{\text{тв}}}{q_{\text{бгу}}}, \quad (6.11)$$

де $k_{\text{тв}}$ – коефіцієнт втрат тепла метантенком($k_{\text{тв}} = 0,6$).

$$V_{\text{вт}} = \dots \dots \text{м}^3/\text{рік}$$

Частка біогазу, яка йде на обслуговування метантенку визначається так:

$$\eta_{\text{бг}} = \frac{V_{\text{бгу}} + V_{\text{вт}}}{365 * V_{\text{бг}}}, \quad (6.12)$$

$$\eta_{\text{бг}} =$$

Річний вихід біогазу, який можна використати для різних потреб розраховується за формулою:

$$V_{\text{бг}}^{\text{річ}} = V_{\text{бг}} * \eta_{\text{бг}}, \quad (6.13)$$

$$V_{\text{бг}}^{\text{річ}} = \dots \dots \text{м}^3/\text{рік}$$

Річний вихід енергії, яка акумульована у біогазі розраховуємо так:

$$Q_{\text{бг}}^{\text{річ}} = V_{\text{бг}}^{\text{річ}} * q_{\text{бг}} \quad (6.14)$$

$$Q_{\text{бг}}^{\text{річ}} = \dots \dots \text{МДж}/\text{рік}$$

Переведемо об'єм біогазу з МДж у кВт, враховуючи, що

$$1 \text{ МДж} = 0,279 \text{ кВт}; \quad 1 \text{ кВт} = 3,58 \text{ МДж}$$

Перевівши МДж в кВт, отримуємо кВт/рік енергії.

Кількість енергії, яку може виробляти газовий котел при спалюванні всієї кількості біогазу за 1 год. становить:

$$Q_{\text{бг}}^{\text{год}} = \frac{Q_{\text{бг}}^{\text{річ}}}{365 * 24}, \quad (6.15)$$

$$Q_{\text{бг}}^{\text{год}} = \dots \dots \dots \text{кВт}/\text{год}$$

Розрахуємо чи існує **надлишок енергії біогазу, яку можна використати для інших потреб:**

$$\Delta Q_{\text{бг}}^{\text{год}} = Q_{\text{бг}}^{\text{год}} - Q_{\text{газ.к.}}^{\text{пр}} \quad (6.16)$$

$$\Delta Q_{\text{бг}}^{\text{год}} = \dots \dots \dots \text{кВт}/\text{год}$$

На основі зроблених розрахунків можна зробити висновок, що потужність біогазового комплексу, який перероблятиме відходи тваринницької ферми на 70 голів ВРХ, не задовольняє/задовольняє умов достатнього забезпечення теплової енергії, яку повинен видавати газовий котел.

Обґрунтування біогазового комплексу на основі переробки відходів тваринницької ферми(70 голів ВРХ), показали, що річний вихід біогазу становить м³/рік, що еквівалентно потужності..... кВт/год.

Даний вихід біогазу забезпечить% покриття потреби у енергії газу, для обігріву будинку.

Питання для самоперевірки

1. Що являє собою біогазовий комплекс (з чого складається та що виробляє)?
2. Чи може виробляти електроенергію біогазовий комплекс? Що для цього потрібно зібрати в комплект комплексу?
3. Які установки входять в комплект біогазового комплексу для виробництва біогазу?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 7

Тема: Розрахунок енергетичного потенціалу приливної енергії океанічного басейну

Мета: розрахувати приливний потенціал океанічного басейну при заданій величині приливної хвилі.

Завдання

1. Оцінити енергетичний потенціал приливної енергії океанічного басейну, що має площу F , км², якщо відома середня величина приливної хвилі R^2 ср.

Хід роботи

У науковій літературі є кілька рівнянь, що дозволяють визначити приливний потенціал басейна. Одне з них запропоновано вітчизняним ученим Л. Б. Бернштейном:

$$E_{\text{пот}} = 1,97 \cdot 106 \cdot R^2 \text{ ср} \cdot F$$

де $E_{\text{пот}}$ – енергетичний потенціал приливної енергії океанічного басейну;

F , км^2 – площа енергетичного потенціалу приливної енергії океанічного басейну;

$R^2 \text{ ср}$ – середня величина приливної хвилі.

Приклад розв'язку задачі

Використовуючи формулу Л.Б. Бернштейна, оцінити приливний потенціал басейну $E_{\text{пот}}$, кВт год, якщо його площа $F = 1000 \text{ км}^2$, а середня величина припливу $R_{\text{ср}} = 7,2 \text{ м}$.

Дано: $F=1000 \text{ км}^2$; $R_{\text{ср}}=7,2 \text{ м}$.

Знайти: $E_{\text{пот}}$, кВт · год – ?

Розв'язок: використовуючи формулу Л.Б. Бернштейна, оцінити приливний потенціал басейну $E_{\text{пот}}$, кВт · год, якщо його площа $F=1000 \text{ км}^2$, а середня величина приливу $R_{\text{ср}}=7,2 \text{ м}$.

Приливний потенціал басейну:

$$E_{\text{пот}} = 1,97 \cdot 106 \cdot R^2 \text{ ср} \cdot F = 1,97 \cdot 106 \cdot 7,22 \cdot 1000 = 102 \cdot 109 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Відповідь: приливний потенціал басейну $E_{\text{пот}} = 102 \cdot 109 \text{ кВт} \cdot \text{год}$.

Вихідні дані

Варіанти	$F, \text{км}^2$	$R_{\text{сп}}, \text{м}$
1	31	400
2	30	700
3	29	1000
4	28	1500
5	27	2000
6	31	2200
7	30	2500
8	29	3000
9	28	3500
10	27	4000
11	31	500
12	30	800
13	29	1100
14	28	1600
15	27	2100
16	31	600

Питання для самоперевірки

1. Які параметри потрібні для розрахунку приливної потенціалу басейну?
2. Як визначається середня величина приливної хвилі?
3. В яких одиницях вимірюється приливний потенціал басейну?

ПЕРЕЛІК ТЕМ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

1. Переробка та виробництво відновлювальних і не відновлювальних джерел енергії
2. Доступні та перспективні ресурси біомаси для відновлювальних джерел енергії.
3. Економічні переваги відновлювальних джерел енергії над не відновлювальними
4. Характеристика невідновлювальної енергетики.

5. Сучасний стан та перспективи розвитку відновлювальних джерел енергії.
6. Роль фотосинтезу в біоенергетиці.
7. Загальна характеристика біоенергетики
8. Конкурентоспроможність виробництва біопалив з біосировини рослинного походження.
9. Перспективи виробництва та застосування біоетанолу в Україні.
10. Перспективи виробництва та застосування біодизелю в Україні.
11. Тенденції розвитку світового ринку біопалив.
12. Характеристика відновлювальної енергетики.
13. Характеристика сировинної бази України для виробництва біопалив.
14. Енергетичні культури для виробництва біопалив.
15. Природно-кліматичний потенціал України у виробництві відновлюваної енергії

ЛІТЕРАТУРА

1. Дудюк Д. Л., Мазепа С. С., Гнатишин Я. М. Нетрадиційна енергетика: основи теорії та задачі : навч. посібник. Львів : Магнолія, 2008. 188 с.
2. . Відновлювальні джерела електричної енергії (аналіз, перспективи, проекти) / І. О. Сінчук, С. М. Бойко, І. А. Луценко, Г. І. Ткаченко ; під ред. Сінчука О. М. Кременчук : Вид-во ПП Щербатих О. В., 2013. 102 с.
3. Відновлювані джерела енергії (досвід Польщі для України) : навч. посіб. / Р. Титко, В. М. Калініченко Варшава; Краків; Полтава : OWG, 2010. 530 с.
4. Глосарій технічних термінів у сфері енергоефективності та відновлюваних джерел енергії / за ред. О. Масняка та ін.; пер з нім. О. Блащук. Львів : Львівська політехніка, 2019. 212 с.
5. Сонячна енергетика: теорія та практика / Й. С. Мисак, О. Т. Возняк, О.С. Дацько, С.П. Шаповал; Нац. ун-т «Львівська політехніка». Л. : Видво Львів. політехніки, 2014. 340 с.
6. Кудря С. О. Нетрадиційні та відновлювані джерела

енергії : підруч. К. : НТУУ «КПІ», 2012. 492 с.

7. Сидоров В. І. Технології гідро- та вітроенергетики. Черкаси : Вертикаль : видавець Кандич С. Г., 2016. 166 с.

8. Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії : навч. посіб. / О. І. Соловей, Ю. Г. Лега, В. П. Розен, О. О. Ситник, А. В. Чернявський, Г. В. Курбас; за заг. ред. О. І. Солов'я. Черкаси : ЧДТУ, 2007. 483 с.

9. . Сонячна енергетика: теорія та практика / Й. С. Мисак, О. Т. Возняк, О. С. Дацько, С. П. Шаповал ; Нац. ун-т «Львівська політехніка». Л. : Вид-во Львів. політехніки, 2014. 340 с.

Інформаційні ресурси

1. <http://saee.gov.ua/uk/ae/termo-energy>
2. aea.org.ua
3. <http://www.altalgroup.com>
4. <https://vecotech.com.ua>
5. [http://www.ukrstat.gov.ua/.](http://www.ukrstat.gov.ua/)