

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

**ЕНЕРГЕТИЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ
ОСНОВИ В ЗБЕРЕЖЕННІ ТА
ВИКОРИСТАННІ
ПОНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ
ЕНЕРГІЇ**

Методичні вказівки
до виконання лабораторно-практичних занять

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

КАФЕДРА ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

**ЕНЕРГЕТИЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ
ОСНОВИ В ЗБЕРЕЖЕННІ ТА
ВИКОРИСТАННІ
ПОНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ
ЕНЕРГІЇ**

**методичні вказівки
до виконання лабораторно-практичних занять**

**для студентів магістрів
інженерно-технологічного факультету
зі спеціальності: «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
денної та заочної форм навчання**

Суми -2021

ББК 40.721
К17

Укладачі: к.т.н., ст. викладач кафедри енергетики та електротехнічних систем – Барсукова Г. В.;

Енергетичні та екологічні основи в збереженні та використанні поновлюваних джерел енергії. Методичні вказівки до виконання лабораторно-практичних занять для студентів магістрів інженерно-технологічного факультету зі спеціальності: «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». – Суми: Сумський національний аграрний університет, 2021. 40 с.

У методичних вказівках приведені практичні питання щодо нормативно-правової бази з енергозбереження, використання нетрадиційних джерел енергії, засвоєння можливих способів застосування альтернативних джерел енергії для потреб енергопостачання агропромислового комплексу України, а також вивчення основ раціонального використання енергії.

Рецензенти:

Яковлєв В.Ф. – к.т.н., професор кафедри «Енергетики та електротехнічних систем».

Довжик М.Я. – к.т.н., доцент, кафедри тракторів, с/г машин та транспортних технологій, декан факультету ІТФ.

Відповідальний за випуск: к.т.н., доцент, завідувач кафедри «Енергетики та електротехнічних систем» - Чепіжний А.В.

Рекомендовано до видання методичною радою інженерно-технологічного факультету
протокол № 4 від 27 січня 2021 року.

Зміст

Лабораторно-Лабораторно-практичне заняття № 1. Поновлювані джерела енергії.....	5
Лабораторно-практичне заняття № 2. Біоенергетика. Біомаса як джерело енергії.....	11
Лабораторно-практичне заняття № 3. Поновлювальна енергетика: геотермальна, енергія океанів, гідроенергетика.....	16
Лабораторно-практичне заняття № 4. Енергозбереження в системі електропостачання.....	25
Лабораторно-практичне заняття № 5. Оцінка економічної ефективності інвестиційного проекту.....	28
Лабораторно-практичне заняття № 6. Розрахунок заходів підвищення енергоефективності.....	32
Лабораторно-практичне заняття № 7. Визначення та розрахунок витрат і втрат енергії у вентиляційних установках.....	33
Лабораторно-практичне заняття № 8. Вивчення методу оцінки технічних систем за допомогою кругової діаграми якості.....	34

Лабораторно-практичне заняття № 1. Поновлювані джерела енергії

Навчальна мета: Засвоєння студентами методики визначення потужності вітрової установки, сонячної енергетичної установки та гідроенергетичної установки.

Програма роботи

- 1) Тестовий вхідний контроль знань студентів.
- 2) Визначення потужності вітрової установки.
- 3) Розрахунок сонячних енергетичних установок
- 4) Розрахунок гідроенергетичних установок

Методика проведення

Перед початком заняття викладач на протязі 10-12 хвилин проводить тестовий контроль знань студентів по темі практичного заняття. Залежно від підготовленості студентів викладач може задати декілька усних запитань до аудиторії. Наприклад:

Які Ви знаєте поновлювані джерела енергії? Як їх можна використовувати?

Які з них можна застосовувати для нашої держави?

Результати тестового контролю оприлюднюються на наступному занятті.

Основні теоретичні положення

На початку XX століття інтерес до повітряних гвинтів і вітроколесам не був відособлений від загальних тенденцій часу - використати вітер, де це тільки можливо. Спочатку найбільшого поширення вітроустановки одержали в сільському господарстві. Повітряний гвинт використали для приводу суднових механізмів.

Істотним недоліком енергії вітру є її мінливість у часі, але його можна компенсувати за рахунок розташування вітроагрегатів. Якщо в умовах повної автономії об'єднати кілька десятків великих вітроагрегатів, то середня їхня потужність буде постійною. При наявності інших джерел енергії вітрогенератор може доповнювати існуючі. І, нарешті, від вітродвигуна можна безпосередньо одержувати механічну енергію.

Принцип дії всіх вітродвигунів один: під напором вітру обертається вітроколесо з лопатами, передаючи крутний момент через систему передач валу генератора, що виробляє електроенергію. Чим більший діаметр вітроколеса, тим більший повітряний потік воно захоплює й тим більшу енергію виробляє агрегат.

Принципова простота дає тут винятковий простір для конструкторської творчості, але тільки недосвідченому погляду вітроагрегат представляється простою конструкцією.

Більшість типів вітродвигунів відомі так давно, що історія умовчує імена їхніх винахідників. Основні різновиди вітроагрегатів зображені на рис. 1. Вони діляться на дві групи:

1.ветродвигуни з вертикальною віссю обертання (карусельні: лопатеві (1) і ортогональні (6)).

2.ветродвигатели з горизонтальною віссю обертання (крильчаті) (2-5);

Типи крильчатих вітродвигунів відрізняються тільки кількістю лопат.

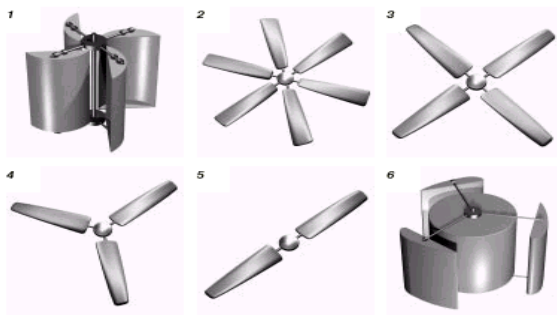


Рис. 1. Типи вітродвигунів



Рис.2. Традиційний крильчатий вітродвигун

Традиційне компонування вітряків - з горизонтальною віссю обертання (рис.2) - непогане рішення для агрегатів малих розмірів і потужностей. Коли ж розмахи лопат вирости, таке компонування виявилось неефективне, тому що на різній висоті вітер дує в різні сторони. У цьому випадку не тільки не вдається оптимально орієнтувати агрегат по вітрі, але й виникає небезпека руйнування лопат.

Для крильчатих вітродвигунів, найбільша ефективність яких досягається при дії потоку повітря перпендикулярно до площини обертання лопат крил, потрібний пристрій автоматичного повороту осі обертання. Із цією метою застосовують кристабілізатор. Карусельні вітродвигуни володіють перевагою - можуть працювати при будь-якому напрямку вітру, не змінюючи свого положення.

Коефіцієнт використання енергії вітру в крильчатих вітродвигунах набагато вищий, ніж у карусельних. У той же час, у карусельних вітродвигунах набагато більший момент обертання. Він максимальний для карусельних лопатевих агрегатів при нульовій відносній швидкості вітру.

Поширення крильчатих вітроагрегатів порозумівається величиною швидкості їхнього обертання. Вони можуть безпосередньо з'єднуватися з генератором електричного струму без підвищеного редуктора. Швидкість обертання крильчатих вітродвигунів обернено пропорційна кількості крил, тому агрегати з кількістю лопат більше трьох практично не використовуються.

Карусельні

Розходження в аеродинаміці дає карусельним установкам перевагу у порівнянні із традиційними вітряками. При збільшенні швидкості вітру вони швидко нарощують силу тяги, після чого швидкість обертання стабілізується. Карусельні вітродвигуни тиххідні й це дозволяє використати прості електричні схеми, наприклад, з асинхронним генератором, без ризику зазнати аварії при випадковому пориві вітру. Ще більш важливою перевагою карусельної конструкції стала її здатність без додаткових хитрувань стежити за тим “звідки дують вітер”, що досить істотно для приземних потоків. Вітродвигуни подібного типу будуються в США, Японії, Англії, ФРН, Канаді.

Карусельний лопатевий вітродвигун найбільш простий в експлуатації. Його конструкція забезпечує максимальний момент при запуску вітродвигуна й автоматичне саморегулювання максимальної швидкості обертання в процесі роботи. Зі збільшенням навантаження зменшується швидкість обертання й зростає обертаючий момент аж до повної зупинки.

Ортогональні

Ортогональні вітроагрегати, як думають фахівці, перспективні для великої енергетики. Сьогодні перед вітропоклонниками ортогональних конструкцій постають певні труднощі. Серед них, зокрема, проблема запуску.

В ортогональних установках використовується той же профіль крила, що й у дозвуковому літаку (див. рис. 1. (6)). Літак, перш ніж “обпертися” на піднімальну силу крила, повинен розбігтися. Спочатку до неї потрібно підвести енергію - розкрутити й довести до певних аеродинамічних параметрів, а вже потім вона сама перейде з режиму двигуна в режим генератора.

Відбір потужності починається при швидкості вітру близько 5 м/с, а номінальна потужність досягається при швидкості 14-16 м/с. Попередні розрахунки вітроустановок передбачають їхнє використання в діапазоні від 50 до 20 000 кВт. У реальній установці потужністю 2000 кВт діаметр кільця, по якому рухаються крила, складе близько 80 метрів.

У потужного вітродвигуна більші розміри. Однак можна обійтися й малими - взяти числом, а не розміром. Постачивши кожен електрогенератор окремим перетворювачем, можна просумувати вихідну потужність, вироблювану генераторами. У цьому випадку підвищується надійність і живучість вітроустановки.

Широкому застосуванню вітроелектричних агрегатів у звичайних умовах поки перешкоджає їхня висока собівартість. Навряд чи потрібно говорити, що за вітер платити не потрібно, однак машини, потрібні для того, щоб запрягти його в роботу, обходяться занадто дорого.

При використанні вітру виникає серйозна проблема: надлишок енергії у вітряну погоду й недолік її в періоди затишності. Як же накопичувати й зберегти запас енергії вітру? Найпростіший спосіб полягає в тому, що вітряне колесо рухає насос, що накопичує воду в розташований вище резервуар, а потім вода, стікаючи з нього, пускає в хід водяну турбіну й генератор постійний або змінний токи. Існують й інші способи й проекти: від звичайних, хоча й малопотужних акумуляторних батарей до розкручування гігантських маховиків або нагнітання стисненого повітря в підземні печери й аж до виробництва водню як паливо. Особливо перспективним представляється останній спосіб. Електричний струм від вітроагрегата розкладає воду на кисень і водень, водень можна зберігати в зрідженому виді й спалювати в топленнях теплових електростанцій у міру потреби.

Задача 1

Визначити потужність вітрової електростанції, що містить n однотипних вітроенергетичних установок. Довжина лопати вітроколеса L , швидкість вітру ω , КПД вітродвигуна η_v , електричний КПД установки (генератора й перетворювача) η_{Σ} , температура повітря t , атмосферний тиск p .

Вихідні дані прийняти по табл. 1.

Таблиця 1

Варіант	n , шт.	L , м	ω , м/с	η_v , %	η_{Σ} , %	t , °C	p , кПа
1	8	55	12	31	73	-20	100
2	9	57	11	32	74	-15	101
3	10	59	10	33	75	-10	102
4	11	61	9	34	76	-5	101
5	12	63	12	33	78	0	100
6	11	66	14	32	77	5	99
7	10	69	16	33	76	10	98
8	9	72	18	34	77	15	97
9	8	75	20	33	78	20	99
0	7	78	18	34	79	25	101

Розрахунок вітроенергетичних установок

Вітровий потік, що проходить через площу F , що змітається лопатами вітродвигуна, має енергію:

$$E = m\omega^2 / 2, \quad \text{Дж}$$

де ω - швидкість вітру, м/с;

m - маса повітря.

За секунду через площу F протікає:

$$m = \rho \cdot \omega \cdot F, \quad \text{кг/с},$$

де $\rho = p / RT$ - щільність повітря, кг/м³;

p - атмосферний тиск, Па, $R=287$ Дж/кг;

R - газова постійна;

T - абсолютна температура, К.

Площа F визначається через довжину лопати L вітроколеса: $F = \pi \cdot L^2$. Відповідно електрична потужність N , що розвиває ВЕУ, визначається формулою:

$$N = \eta_A \cdot \eta_B \cdot \rho \cdot \pi \cdot L^2 \cdot \omega^3 / 2, \quad \text{Ат}$$

де η_B - КПД вітродвигуна (змінюється в межах 0,25... 0,35);

η_A - електричний КПД вітрогенератора й перетворювача (у межах 0,70...0,85).

ЕНЕРГІЯ СОНЦЯ

Проблема утилізації екологічно чистої й притім «дармової сонячної енергії» хвилює людство з незапам'ятних часів, але тільки недавно успіхи в цьому напрямку дозволили почати формувати реальний розвиваючий ринок сонячної енергетики. До теперішнього часу основними способами прямої утилізації сонячної енергії є перетворення її в електричну й теплову. Пристрої, що перетворюють сонячну енергію в електричну, називаються фотоелектричними або фотовольтними, а прилади, що перетворюють сонячну енергію в теплову - термічними. Останнім часом все більшого поширення одержують так називані гібридні або як їх ще називають комбіновані системи, що сполучають у собі функції фотовольтичних і термічних пристроїв. Відмінною рисою гібридних систем є можливість їхнього функціонування в автономному режимі, без підключення до централізованих енергосистем. У літературі всі три типи приладів називаються геліосистемами. Зараз, сумарна світова потужність автономних фотоелектричних установок досягла 500 МВт.

Існує два основних напрямки в розвитку сонячної енергетики: рішення глобального питання постачання енергії й створення сонячних перетворювачів, розрахованих на виконання конкретних локальних завдань. Ці перетворювачі, у свою чергу, також діляться на дві групи: високотемпературні й низькотемпературні.

У перетворювачах першого типу сонячні промені концентруються на невеликій ділянці, температура якого здійсметься до 3000°C. Такі установки вже існують. Вони використовуються, наприклад, для плавки металів (див. рис. 4.)



Рис. 4. Високотемпературний геліостат

Найбільша численна частина сонячних перетворювачів працює при набагато менших температурах - порядку 100-200°C. З їхньою допомогою підігрівають воду, обезсолюють її, піднімають із колодязів. У сонячних кухнях готують їжу.

Сонячні установки практично не вимагають експлуатаційних витрат, не мають потреби в ремонті й вимагають витрат лише на їхнє спорудження й підтримку в чистоті. Працювати вони можуть нескінченно.

З дитинства багато хто пам'ятає, що за допомогою збірної лінзи від сонячного світла можна запалити папір. У промислових установках лінзи не використовуються: вони важкі, дорогі й важкі у виготовленні.

Сфокусувати сонячні промені можна й за допомогою ввігнутого дзеркала. Воно є основною частиною геліоконцентратора, приладу, у якому паралельні сонячні промені збираються за допомогою ввігнутого дзеркала. Якщо у фокус дзеркала помістити трубу з водою, то вона нагріється. Такий принцип дії сонячних перетворювачів прямої дії.

Найбільше ефективно їх можна використати в південних широтах, але й у середній смузі вони знаходять застосування. Дзеркала в установках використовуються або традиційні - скляні, або з полірованого алюмінію. Найбільш ефективні концентратори сонячного випромінювання (рис. 6) мають форму:

1.циліндричного параболоїда (а);

2. параболоїда обертання (б);
3. плоско-лінійної лінзи Френеля (в).

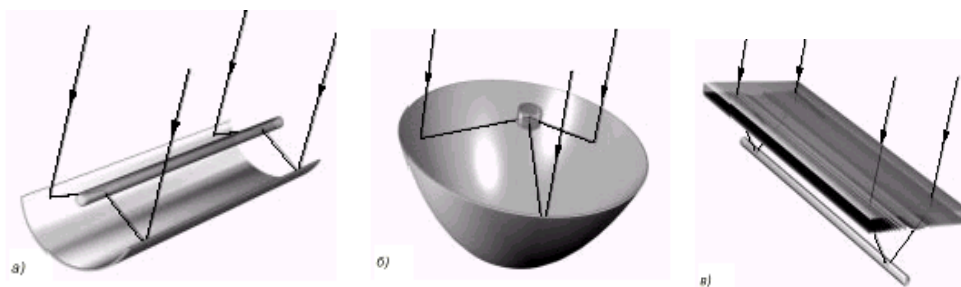


Рис. 5. Форми концентраторів сонячної енергії

Фірма Loose Industries на сонячно-газовій електростанції в Каліфорнії використовує систему параболо-циліндричних довгих відбивачів у вигляді жолоба. У його фокусі проходить труба з теплоносієм – дифенілом, що нагрівають до 350°C . Жолоб повертається для спостереження за сонцем тільки навколо однієї осі (а не двох, як плоскі геліостати). Це дозволило спростити систему спостереження за сонцем. Сонячна енергія може безпосередньо перетворюватися в механічну. Для цього використовується двигун Стирлінга. Якщо у фокусі параболічного дзеркала діаметром 1,5 м установити динамічний перетворювач, що працює по циклу Стирлінга, одержуваної потужності (1 кВт) досить, щоб піднімати із глибини 20 метрів 2 м води в годину.

У реальних геліосистемах плоско-лінійна лінза Френеля використовується рідко через її високу вартість.

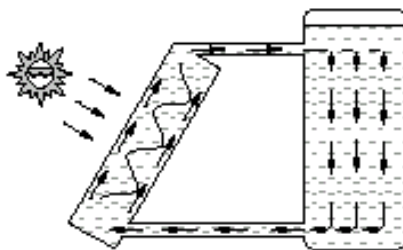


Рис.6. Сонячний водонагрівач

Водонагрівачі. Водонагрівач призначений для постачання гарячою водою, в основному, індивідуальних господарств. Пристрій складається з короба зі змішувиком, бака холодної води, бака-акумулятора й труб. Короб стаціонарно встановлюється під кутом $30\text{--}50^{\circ}$ з орієнтацією на південну сторону. Холодна, більше важка, вода постійно надходить у нижню частину короба, там вона нагрівається й, витиснута холодною водою, надходить у бак-акумулятор. Вона може бути використана для опалення, для душу або для інших побутових потреб.

Денна продуктивність на широті 50° приблизно дорівнює 2 кВт/ч із квадратного метра. Температура води в баці-акумуляторі досягає $60\text{--}70^{\circ}$. КПД установки - 40% .

Теплові концентратори. Кожний, хто хоч раз бував у теплицях, знає, як різко відрізняються умови всередині від навколишніх: температура в ній вище. Сонячні промені майже безперешкодно проходять крізь прозоре покриття й нагрівають ґрунт, рослини, стіни, конструкцію даху. У зворотному напрямку тепло розсіюється мало через підвищену концентрацію вуглекислого газу. По подібному принципі працюють і теплові концентратори.

Одним з лідерів практичного використання енергії Сонця стала Швейцарія. Тут побудовано приблизно 2600 геліоустановок на кремнієвих фотоперетворювачах потужністю від 1 до 1000 кВт і сонячних колекторних пристроїв для одержання теплової енергії. Програма, що одержала найменування “Солар-91” і здійснювана під гаслом “За енергонезалежну Швейцарію!”, вносить помітний вклад у рішення екологічних проблем й енергетичну незалежність країни імпортуєвої сьогодні більше 70 відсотків енергії.

Програма “Солар-91” здійснюється практично без підтримки державного бюджету, в основному, за рахунок добровільних зусиль і засобів окремих громадян, підприємців і муніципалітетів. Геліоустановку на кремнієвих фотоперетворювачах, найчастіше потужністю 2-3 кВт, монтують на дахах і фасадах будинків. Вона займає приблизно 20-30 квадратних метрів. Така установка виробляє в рік у середньому 2000 кВт/год електроенергії, що досить для забезпечення побутових потреб середнього швейцарського будинку й зарядки бортових акумуляторів електромобіля. Денний надлишок енергії в літню пору направляють в електричну мережу загального користування. Узимку ж, особливо в нічний годинник, енергія може бути безкоштовно повернута власникові геліоустановки.

Сонячна енергія - найбільш грандіозний, дешевий, але й, мабуть, найменш використований людиною джерело енергії.

Останнім часом інтерес до проблеми використання сонячної енергії різко зріс. Потенційні можливості енергетики, засновані на використанні безпосереднього сонячного випромінювання, надзвичайно великі.

Використання всього лише $0,0125\%$ енергії Сонця могло б забезпечити всі сьогодині потреби світової енергетики, а використання $0,5\%$ повністю покрити потреби на перспективу. На жаль, навряд чи коли-небудь ці величезні потенційні ресурси вдасться реалізувати в більших масштабах. Тільки дуже невелика частина цієї

енергії може бути практично використана. Чи не головна причина подібної ситуації - слабка щільність сонячної енергії. Простий розрахунок показує, що якщо зніма з 1 м² освітленої сонцем поверхні потужність у середньому становить 160 Вт, то для генерування 100 тис. кВт потрібно знімати енергію із площі в 1,6 км². Жоден з відомих у цей час способів перетворення енергії не може забезпечити економічну ефективність такої трансформації.

Найпростіший колектор сонячного випромінювання являє собою зачернений металевий (як правило, алюмінієвий) аркуш, усередині якого розташовуються труби із циркулюючої в ній рідиною. Нагріта за рахунок сонячної енергії, поглиненої колектором, рідина надходить для безпосереднього використання. Відповідно до розрахунків виготовлення колекторів сонячного випромінювання площею 1 км², вимагає приблизно 10000 тонн алюмінію. Доведені ж на сьогодні світові запаси цього металу оцінюються в 1170000 000 тонн.

Сонячна енергетика ставиться до найбільше матеріалоємних видів виробництва енергії. Великомасштабне використання сонячної енергії спричиняє гігантське збільшення потреби в матеріалах, а, отже, і в трудових ресурсах для видобутку сировини, його збагачення, одержання матеріалів, виготовлення геліостатів, колекторів, інших апаратів, їхнього перевезення. Поки ще електрична енергія, породжена сонячними променями, обходиться набагато дорожче, ніж одержувана традиційними способами. Учені сподіваються, що експерименти, які вони проводять на досвідчених установках і станціях, допоможуть вирішити не тільки технічні, але й економічні проблеми.

Але, проте, станції-перетворювачі сонячної енергії будують, і вони працюють.

Учені й енергетики продовжують вести роботу з пошуку нових більше дешевих можливостей використання сонячної енергії. Виникають нові ідеї, нові проекти.

Задача 2

Визначити теплоту, що підводиться геліостатами до встановленого на вежі парогенератору паротурбінної сонячної електростанції, якщо кількість геліостатів n , площа дзеркал одного геліостата F , інтенсивність сонячного випромінювання I , коефіцієнт ефективності використання сонячного випромінювання η_v . Визначити також термічний КПД і теоретичну потужність паротурбінної установки СЭС, що працює по циклу Ренкіна, якщо параметри гострої пари p_1, t_1 , тиск у конденсаторі $p_2 = 10$ кПа, КПД парогенератора $\eta_{пг} = 0.85$. Як зміниться потужність СЭС, якщо замість паротурбінної установки застосувати кремнієві фотоелектричні перетворювачі із КПД $\eta_{\phi} = 0.15$, що займають ту ж площу, що й дзеркала геліостатів?

Вихідні дані прийняти по табл. 2.

Таблиця 2

Варіант	n , шт.	F , м ²	I , Вт/м ²	η_v , %	P_1 , Мпа	t_1 , °С
1	1000	10	350	50	12	450
2	3000	12	400	48	11	440
3	5000	14	450	46	10	430
4	7000	13	500	47	9	420
5	8000	12	550	49	8	410
6	9000	11	600	50	9	400
7	10000	12	650	51	10	410
9	11000	13	700	50	11	420
0	12000	14	750	49	12	430

Розрахунок сонячних енергетичних установок

У паротурбінних сонячних енергетичних установках теплота сонячного випромінювання від дзеркал геліостатів концентрується в парогенераторі, установленому на вежі. Загальна кількість теплоти, що сприймається парогенератором, становить:

$$Q = \eta_v \cdot n \cdot F \cdot I,$$

де η_v - коефіцієнт ефективності використання сонячного випромінювання (змінюється з межах 0.35... 0.5);

n - кількість геліостатів;

F - площа дзеркал одного геліостата, м²;

I , - інтенсивність сонячного випромінювання, Вт/м².

Робота кілограма пари паротурбінної установки в циклі Ренкіна дорівнює

$$l = h_1 - h_2, \quad \text{кДж / кг},$$

термічний ККД

$$\eta_t = (h_1 - h_2) / (h_1 - h_k),$$

де h_1 - ентальпія гострої пари;

h_2 - ентальпія відпрацьованого в турбіні пара (визначаються по $h - s$ діаграмі водяної пари);

h_k - ентальпія конденсату (визначається по таблицях термодинамічних властивостей води й водяного пара).

Теоретична потужність паротурбінної СЕУ складе:

$$N_{\text{пт}} = \eta_i \cdot \eta_E \cdot Q, \quad \text{Вт}$$

де η_A - КПД електрогенератора (у межах 0,92...0,96).

Потужність СЕУ з фотоелектричними перетворювачами визначається співвідношенням:

$$N_{\text{фЕ}} = \eta_{\text{фЕ}} \cdot F_{\text{фЕ}} \cdot I, \quad \text{Вт}$$

де $\eta_{\text{фА}}$ - КПД фотоелектричних перетворювачів (змінюється в межах 0,13...0,18);

$F_{\text{фА}}$ - їхня загальна площа, м².

Задача 3

Визначити потужність малої ГЕС, якщо витрати води Q , напір H . Коефіцієнт втрат напору у відкритому гідроканалі $K=0.85$. КПД гідротурбіни η_T . КПД гідрогенератора $\eta_{\text{э}}$. Як зміниться потужність, якщо затвором зменшити витрати води до 70% від номінального? Буде вона більше або менше за 70% від номінальної потужності?

Вихідні дані прийняти по табл. 3.

Таблиця 3

Варіант	Q , м ³ /с	H , м	η_T , %	$\eta_{\text{э}}$, %
1	10	17	76	94
2	12	15	78	95
	14	13	79	96
4	16	11	80	93
5	18	9	81	94
6	20	8	82	95
7	22	7	83	95
8	24	6	84	96
9	26	7	85	95
0	28	8	84	96

Розрахунок гідроенергетичних установок

Електрична потужність гідроенергетичної установки розраховується по формулі:

$$N = K \cdot \eta_T \cdot \eta_{\text{э}} \cdot \rho \cdot g \cdot H \cdot V, \quad \text{Вт}$$

де K - коефіцієнт втрат напору в гідро каналі;

$\eta_{\text{э}}$ - КПД гідротурбіни (змінюється в межах 0.7... 0.88);

η_T - КПД гідрогенератора (у межах 0,9...0,96);

$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ - щільність води;

$g = 9,8 \text{ м/с}^2$ - прискорення сили ваги;

H - напір (різниця рівнів води верхнього й нижнього б'єфів), м;

V - витрата води, м³/с.

Питання для обговорення:

1) поняття «енергія»; 2) види енергії; 3) кодування і класифікація енергоресурсів; 4) традиційні енергоресурси; 5) нетрадиційні енергоресурси; 6) поновлювані енергоресурси; 7) невідновлювані енергоресурси; 8) первинні енергоресурси; 9) вторинні енергоресурси; 10) темпи споживання енергоресурсів; 11) ресурсна забезпеченість світової енергетики та перспективи її розвитку; 12) енергетичне використання твердих побутових відходів; 13) перспективи використання нетрадиційних джерел енергії; 14) паливно-енергетичний комплекс України; 15) кодування і класифікація енергоресурсів; 16) сонячна енергія; 17) енергія морів і океанів; 18) біоресурси; 19) геотермальні ресурси; 20) енергія вітру; 21) перспективи використання енергоресурсів; 22) ринки енергоресурсів.

Лабораторно-практичне заняття № 2. Біоенергетика. Біомаса як джерело енергії

Навчальна мета: Засвоєння методики отримання енергії з біомаси.

Програма роботи

- 1) Розгляд основних методів та установок отримання енергії з біомаси
- 2) Оцінка ефективності установки біогазогенератора і двигун-генераторної установки для утилізації
гною
- 3) Визначення витрати електроенергії на підігрів маси в біогазогенераторі в холодну пору року

Методика проведення

Перед початком заняття викладач на протязі 10-12 хвилин проводить опитування студентів за темою практичного заняття.

На дошці студенти записують основні розрахункові формули, знайомляться з теоретичною частиною завдання та розв'язують практичні приклади. Після чого студенти приступають до виконання завдання за індивідуальними варіантами

Основні теоретичні положення

Біомаса - це органічні сполуки вуглецю. Енергія біомаси виникає в результаті фотосинтезу. Під дією сонячного випромінювання, в процесі утворення органічних речовин і акумулювання в них хімічної енергії.

Потік сонячної енергії, перетворений на Землі в результаті фотосинтезу, становить 250 кВт на людину, що еквівалентно 250 000 великих АЕС (по 6 млн. кВт кожна). Для порівняння - потужність електричних станцій на планеті складає близько 0,8 кВт на людину.

У результаті фотосинтезу утворюються вуглеводи, що містять вуглець в з'єднаннях з киснем і воднем (наприклад, глюкоза $C_6H_{12}O_6$ або сахароза $C_{12}H_{22}O_{11}$). У процесі з'єднання з киснем при згорянні або гнитті біомаси виділяється тепло. При спалюванні біомаси в кисні вихід тепла становить 16 МДж / кг або 4,4 кВт · год на 1 кг сухої ваги.

Основними джерелами біомаси є:

- лісорозробки і відходи переробки деревини,
- цукровий очерет,
- зернові та інші, продовольчі і технічні культури, продукція енергетичного рослинництва,
- відходи тваринництва (гній),
- міські стоки, сміття (тверді побутові відходи).

Переробка біомаси, пов'язана з витяганням енергії здійснюється *термохімічними, біохімічними і агрохімічними* способами. Термохімічні способи - це пряме спалювання і піроліз, біохімічні - спиртова ферментація і анаеробна переробка, агрохімічні - екстракція палив прямо від живих рослин (наприклад, отримання каучуку).

Спалювання біопалива з отриманням ТЕПЛА використовується ДЛЯ приготування їжі, обігріву жител, для сушки зерна, отримання електроенергії і т.д.

Приготування їжі і спалювання палива в традиційних, часто примітивних "пристроях" - неефективно. Їх К.П.Д. часто не перевищує 5%. Великі втрати через неповне згорання, уноса тепла вітром, випаровування з відкритого котла і т.д. Процес можна поліпшити вдосконаленням методів приготування (наприклад, парові сковорідки), зменшенням теплових втрат (теплоізоляція печей, конструкція нагрівачів), поліпшенням спаленості топкових газів, застосуванням простих і надійних методів управління нагрівачами. Застосування деревного вугілля, примусової подачі повітря дозволяє підвищити ефективність плит і печей до 50%.

Інші напрямки щодо вдосконалення процесу спалювання біопалива - це застосування в якості палива печей біогазу, використання сонячних кухонь.

У цих процесах як біопалива широко застосовується деревина. Деревину можна вважати поновлюваним джерелом енергії лише за умови, що швидкість її приросту перевищує швидкість знищення.

Піроліз (суха перегонка) - це процеси нагріву або часткового спалювання органічної сировини для одержання похідних палив або хімічних сполук. Сировиною служить деревина, відходи біомаси, міське сміття, вугілля. Продукти піролізу - гази, смоли та олії, деревне вугілля, зола. Різновид піролізу - газифікація - призначена для максимального отримання газоподібного палива. Піроліз здійснюється в газогенераторах. Схема газогенератора представлена на малюнку 3 0,1. Газогенератор складається з наступних елементів:

- 1 - піч, куди подається і частково спалюється при нестачі повітря 2 перероблялася біомаса,
- 3 - газопровід,
- 4 - вихід деревного вугілля,
- 5-біогаз від інших печей,
- 6-сепаратор,
- 7-похідні рідини і летючі з'єднання (ефіри, феноли, оцтова кислота, метанол та ін),
- 8-сушарка для сільськогосподарської продукції,
- 9-обігрів приміщень і приготування їжі,
- 10-газгольдер,
- 11-кришка газгольдера,
- 12-трубопровід генераторного газу,
- 13-двигун внутрішнього згорання,
- 14-електричний генератор.

Подаваний матеріал попередньо сортують для зниження негорючих домішок, підсушують, подрібнюють.

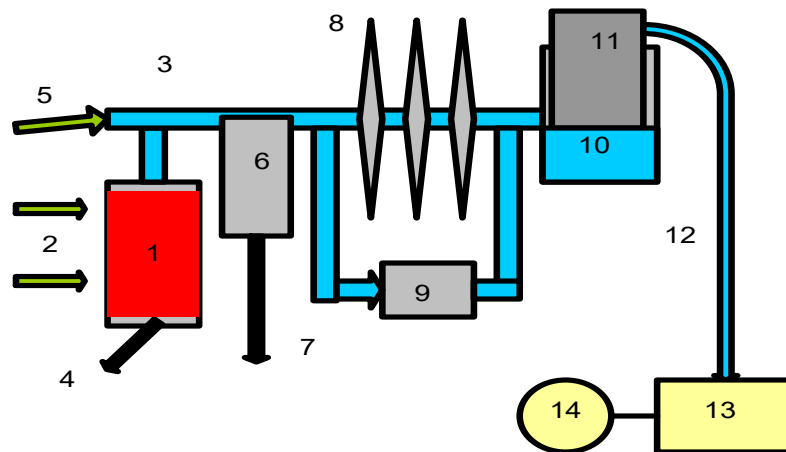


Рис. 3 .1. Схема газогенератора

Температура в печі залежить від співвідношення повітря - паливе. Найпростіше управління установкою при температурі нижче 600 ° С. При більш високих температурах - складніше управління, але збільшується вміст водню в вироблюваному газі.

Перегонка йде в 4 стадії:

- 100-120 ° С подається в газогенератор матеріал опускається вниз і звільняється від вологи,
- 275 ° С-відходять гази в основному складаються з N₂, CO і CO₂; витягується оцтова кислота і метанол,
- 280-350 ° С -. Починається реакція виділення летких хімічних речовин таких, як ефіри, феноли та ін,
- понад 350 ° С - виділяються всі типи летючих сполук, одночасно з утворенням вуглекислого і чадного

Газа відбувається збільшення утворення водню і метану CH₄, частина вуглецю зберігається у вигляді деревного вугілля, змішаного з золю.

Паливо, отримане при піролізі більш універсально, ніж вихідне, але вже має меншу енергію згорання. "Універсальність" палива - це більш широкий діапазон пристроїв - споживачів, менше забруднення середовища, зручність транспортування, краща керованість горінням. У результаті переробки отримують твердий залишок, рідини, гази.

Твердий залишок, деревне вугілля, становить 25-35 % сухої біомаси. Він на 75-85 % складається з вуглецю, має теплотою згорання 30 МДж / кг. Використовується в якості палива з контрольованою чистотою, застосовується в лабораторії, в промисловості, для виплавки сталі (замість коксу).

Рідини - смоли, оцтова кислота, метанол, ацетон -30% від сухої біомаси. Вони можуть бути відокремлені або використані разом в якості низькоякісного палива з теплотою згорання 22МДж/кг.

Гази - це деревний газ (синтетичний газ, генераторний газ або водяний газ) - до 80% в газогенераторах. Гази складаються з азоту, водню, метану, вуглекислого газу і чадного газу. Вони накопичуються в газгольдерах при тиску, близькому до атмосферного (вони не стискаються). Використовуються в дизелях, карбюраторних двигунах.

Інші термохімічні процеси: - гідрогенізація і каталітична реакція між вуглецем і окисом вуглецю.

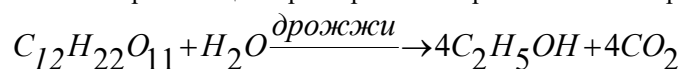
Гідрогенізація - процес нагрівання подрібненої або перевареної біомаси до 600 ° С при тиску близько 50 атм (5 МПа). Отримувані при цьому горючі гази метан і етан дають при спалюванні 6 МДж на 1 кг сухої сировини.

Гідрогенізація із застосуванням CO і пара аналогічна попередньому процесу, але нагрівання виробляється в атмосфері CO до 400 ° С. Витягується синтетична нафта, яку можна використовувати як паливо.

Каталітична реакція між H₂ і CO при 330 ° С і тиску 15 МПа дає метиловий спирт (метанол)-отруйну рідину, яку можна використовувати як заміник бензину з теплотою згорання 23 МДж / кг.

Спиртова ферментація (бродіння) використовується для одержання етилового спирту (етанолу) - C₂H₅ОН. Етиловий (питної) спирт утворюється з цукрів особливими мікроорганізмами, дріжджами, в кислому середовищі. При концентрації спирту 10% мікроорганізми гинуть. Тому подальше підвищення концентрації виходить перегонкою (дистиляцією). У результаті одержують суміш-95% спирту + 5% води. При бродінні втрачається 0,5% енергетичного потенціалу цукру. Необхідну для перегонки теплову енергію отримують, спалюючи відходи біомаси.

Етиловий спирт отримують з цукрової тростини, цукрових буряків, крохмалю. При отриманні спирту з цукрової тростини спочатку відокремлюють сік для отримання сахарози. Залишилася патока з вмістом цукру до 55% зброджують і переробляють на спирт. Реакція перетворення сахарози в етанол в присутності дріжджів:



При отриманні спирту з цукрового буряка спочатку отримують цукор для зброджування; далі процес аналогічний.

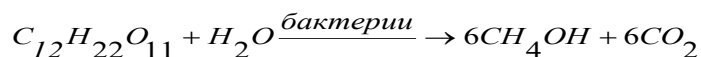
Для отримання спирту з рослинної крохмалю, наприклад, із злакових, його попередньо піддають гідролізу на цукор.

Великі молекули крохмалю руйнуються ферментами солоду, що містяться, наприклад, в ячмені або при обробці його сильними кислотами при підвищеному тиску. Важливий вторинний продукт зброджування - відходи використовуються як корм для худоби і добрив.

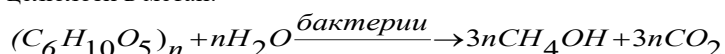
Етиловий спирт - хороше рідке паливо. Він використовується в чистому вигляді (95%) при невеликій переробці карбюратора або в суміші з бензином 1:10 (газохол). Газохол зараз звичайне паливо в Бразилії. Застосовується воно і в США. При застосуванні газохолу збільшується на 20% потужність двигунів, знижується забруднення атмосфери в порівнянні з застосуванням тетраетилсвинцю.

Отримання біогазу шляхом анаеробного зброджування. У природних умовах біомаса розкладається на елементарні з'єднання в умовах вогкості, тепла, темряви в присутності кисню під дією бактерій, званих аеробними. За участю цих бактерій вуглець біомаси окислюється до двоокису вуглецю (вуглекислого газу).

У замкнутих обсягах з нестачею кисню розвиваються анаеробні бактерії, які сприяють створенню вуглекислого газу та метану. В анаеробних умовах відбувається процес «зброджування». «Біогаз» - це суміш метану і вуглекислого газу. ЙОГО отримують в *біогазогенераторах*. Реакція перетворення сахарози в метан у присутності бактерій:



Реакція перетворення целюлози в метан:



Ці реакції екзотермічні. У процесі їх перебігу виділяється 1 МДж тепла на 1 кг сухої маси зброджуваного матеріалу. Цього, однак, недостатньо для необхідного підвищення температури маси.

Анаеробне зброджування та отримання біогазу з подальшим його використанням як якісного палива вигідніше, ніж просте висушування і спалювання вихідного матеріалу, так як тільки видалення 95% вологи при сушінні вимагає до 40 МДж тепла на 1 кг сухого залишку. Теплота згоряння сухого гною становить 12 ... 15 МДж / кг. Крім того, після анаеробної переробки гній може бути використаний як добриво.

Отримання біогазу - економічно вигідно, якщо біогазогенератор працює на переробці існуючого потоку відходів - (стоки каналізаційних систем, свиноферм та ін) Без їх спеціального збору, наприклад, в замкнутому екологічному циклі агропромислового комплексу.

Зброджування в біогазогенераторі може відбуватися при температурі 20 ... 30 ° С за участю *псікрофільних* бактерій з циклом зброджування 14 діб. При підігріві до 35 ° С в процесі беруть участь *мезофільні* Бактерії І процес прискорюється До 7 діб. Для підігріву використовується частина біогазу, одержуваного в біогазогенераторі. При необхідності прискорення розкладання біомаси без збільшення виходу біогазу масу підігривають до 55 ° С, що відповідає термофільному рівню анаеробних бактерій. У будь-якому випадку необхідно підтримувати в біогазогенераторі стабільні умови по температурі і подачі біомаси для виведення відповідних для даних умов популяцій бактерій .. У тропіках зброджування ведеться при 20-30 ° С без додаткового підігріву, з тимчасовим інтервалом 14 днів. У середній смузі для зброджування необхідний додатковий підігрів, наприклад, з використанням частини одержуваного біогазу. При підвищенні температури процесу до 35 ° С, швидкість реакції в біогазогенераторі подвоюється.

Процес зброджування йде в три стадії, які забезпечуються власними для кожної стадії бактеріями:

1 стадія - розщеплення нерозчинних матеріалів (целюлоза, жири, полісахариди) на вуглеводи і жирні кислоти протягом 1 доби при 20 ... 25 ° С,

2 стадія - утворення оцтової та ін кислот протягом 1 доби,

3 стадія - утворення метану, повне зброджування маси з отриманням біогазу (70% метану і 30% вуглекислого газу) з домішкою водню і сірководню протягом 14 діб.

Технологічна і електрична схема біогазогенератора для умов помірного клімату для утилізації гною тваринницького комплексу, яке використовує електроенергію в якості основного джерела енергії представлена на малюнку 3 0.2. Тут:

1 - приймальня ємність з мішалкою, куди надходить очищений від соломи та інших неактивних матеріалів гній,

2 - мішалка,

3 - насос,

4 - бак (Метан бак) з мішалкою,

5 - мішалка,

6 - насос для перекачування гною в бак з підігрівом в зимовий час за допомогою газового нагрівача,

7 - газовий нагрівач,

8 - насос для перекачування відпрацьованого гною в вихідну ємність для відходів,

9 - вихідна ємність,

10 - компресор для перекачування одержуваного біогазу в газгольдер,

11 - водяний газгольдер,

12 - двигун внутрішнього згоряння,

13 - електрогенератор,

14 - шини трансформаторної підстанції підприємства,

15 - комутуючі апарати підстанції,

16 - головний трансформатор підстанції підприємства,

17 - приводні електродвигуни витяжної та припливної вентиляції з калориферами для обігріву приміщень, приводу механізмів кормораздачі, скребків, а також лампи освітлення.

Гній поміщають в накопичувач, де він відділяється від незброджуваних матеріалів. Далі маса повільно проходить через ємність, вкопані в землю, де відбувається збродження, а потім відпрацьована маса надходить в бак для відпрацьованої маси, яка використовується для добрива. Тиск газу в газгольдері створюється важким металевим газгольдером.

Теплота згоряння деяких видів палива :

- бензин 47 МДж / кг або $34 \cdot 10^{-3}$ МДж / л;
- етиловий спирт C_2H_5OH 30 МДж / кг або $25 \cdot 10^{-3}$ МДж / л;
- метан CH_4 55 МДж / кг або $38 \cdot 10^{-3}$ МДж / л;
- метанол CH_3OH 23 МДж / кг або $18 \cdot 10^{-3}$ МДж / л;
- біогаз (50% CH_4 і 50% CO_2) 28 МДж / кг або $20 \cdot 10^{-3}$ МДж / л;
- генераторний газ 5-10 МДж / кг або $(4-8) \cdot 10^{-3}$ МДж / л;
- деревне вугілля (кусковий) 32 МДж / кг;
- коров'ячий гній 12 МДж / кг;
- деревина суха 16 МДж / кг.

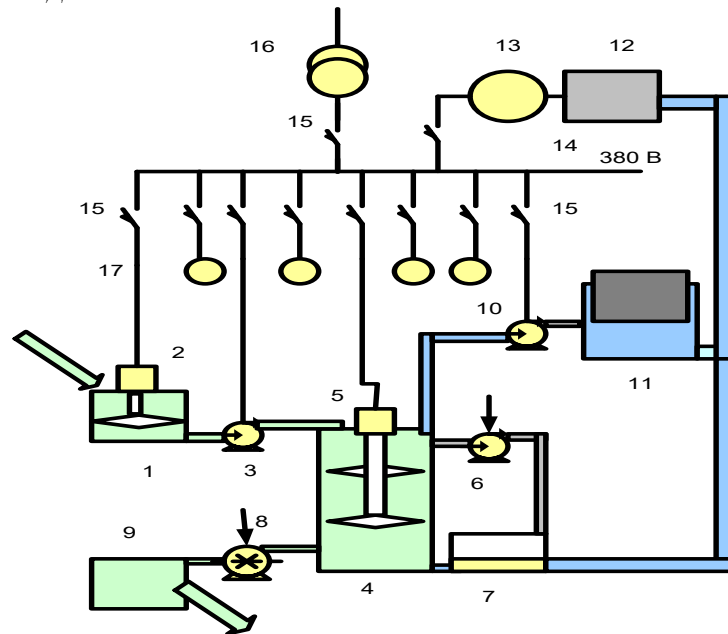


Рис.3.2. Схема біогазогенератора.

Питання та завдання.

1. Приклад. Оцініть ефективність установки біогазогенератора і двигун-генераторної установки для утилізації гною на свинофермі на 1000 голів. Вихідні дані: (1) вміст сухої збродженого матеріалу в гною однієї тварини 0,2 кг за добу, (2) час циклу збродження при температурі $20^\circ C$ 14 діб, (3) сумарна теплотворна здатність сухого гною 12 МДж / кг, (4) сумарна теплотворна здатність біогазу (50%-метан і 50%-вуглекислий газ) - 20 МДж / m^3 , (5) при повному збродженні за 14 діб повний вихід біогазу $0,5 m^3$ на 1 кг сухого матеріалу, (6) ККД двигун-генераторної установки .

Рішення. Обсяг рідкої маси, що проходить через біогазогенератор щодоби

$$V_J = \frac{m}{\rho} = \frac{0,2 \cdot 1000}{50} = 4 m^3,$$

где: m – маса _сухого _ матеріала _ в _ навозе _ животных _ за _ сутки,

$\rho = 50 \text{ кг} / m^3$ – содержание _сухого _ матеріала _ в _ $1 m^3$ жижи.

- Обсяг біогазогенератора

$$V_G = V_J \cdot t = 4 \cdot 14 = 56 m^3,$$

t – время _цикла _ сбраживания, суток.

- Маса сухого матеріалу в повному біогазогенераторе

$$G_C = m \cdot t = 0,2 \cdot 1000 \cdot 14 = 2800 \text{ кг}.$$

- Обсяг біогазу, що виділяється біогазогенератором за добу

$$V_B = G \cdot c = 2800 \cdot 0,036 = 100,8 m^3 / \text{сутки},$$

где c – выход _биогаза _ из _ 1 кг _сухого _ матеріала _ в _ сутки.

- Річне виробництво електроенергії при використанні біогазу в двигун-генераторної установки

$$W = \eta \cdot V_B \cdot C_B \cdot 365 = 0,3 \cdot 100,8 \cdot 20 \cdot 365 = 220752 \text{ МДж} = 61320 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

- Номінальна потужність двигун - генератора

$$P_H = \frac{1,0 \cdot W}{365 \cdot 24} = \frac{1,0 \cdot 61320}{365 \cdot 24} = 7,0 \text{ кВт},$$

где 1,0 – коефіцієнт запаса.

2. За даними прикладу 1 визначте:

- Витрата електроенергії на підігрів маси в біогазогенераторі в холодну пору року (365/2 доби) в середньому від 5 до 20 ° С, вважаючи теплоємність маси 1 ккал/кг. ° С, щільність маси 900 кг / м³, 1 кВт.ч = 1 ккал/860,

- Витрата електроенергії двигунами насосів і мішалок біогазогенератора при їх встановленій потужності 20 кВт і коефіцієнті використання 0,1,

- Річну економію електроенергії,

- Термін окупності без урахування додаткових експлуатаційних витрат.

Відповідь: .. 11,5 тис.кВт.ч, 17,5 тис.кВт.ч, 32,3 тис.кВт.ч, 2,5 року.

Оцініть ефективність установки біогазогенератора і двигун-генераторної установки для утилізації гною на свинофермі на 1000 голів прикладу 1 при підвищенні температури процесу до 35 ° С. Визначте:

- Обсяг рідкої маси, що проходить через біогазогенератор щодоби, Обсяг біогазогенератора,

- Масу сухого матеріалу в повному біогазогенераторе,

- Обсяг біогазу, що виділяється біогазогенератором за добу,

- Річну вироблення електроенергії при використанні біогазу в двигун-генераторної установки,

- Номінальну потужність двигун-генератора,

- Витрата електроенергії на підігрів маси в біогазогенераторі в холодний час,

- Витрата електроенергії двигунами насосів і мішалок біогазогенератора при їх встановленій потужності 20 кВт і коефіцієнті використання 0,1, Річну економію електроенергії, Капітальні витрати на установку,

- Річний економічний ефект, руб., Термін окупності.

Відповідь: 4 м³, 28 м³, 1400 кг, 100,8 м³ / добу, 61,3 тис.кВт.ч, 7,0 кВт, 22,9 тис.кВт.ч, 17,5 тис.кВт.ч, 20,9 тис.. кВт.год, 14,0 млн. руб., 3,55 млн. руб., 3,9 року.

3. Визначте. кількість електроенергії, яку можна отримати за добу при анаеробної переробки гною одного великої рогатої тварини з використанням біогазогенератора і двигун-генераторної установки, і цілодобову потужність, якщо: (1) час циклу зброджування 14 діб при температурі 20 ° С, (2) вихід сухого гною від 1 корови 2,0 кг / добу, (3) вихід газу з сухої маси 0,6 м³ / кг, (4) вміст метану в біогазі 52%, (5) К.П.Д. двигун-генераторної установки на 30%, (6) Теплота згоряння метану 55 МДж / кг або 38 · 10⁻³ МДж / л при 15 ° С.

Відповідь: 2,0 кВт.год, 0083 кВт.

4. Визначте умовну річну кількість електроенергії, яку можна отримати при анаеробної переробки гною в регіоні з поголів'ям великої рогатої худоби 2,5 млн. голів при коефіцієнті використання номінальної потужності генеруючого обладнання, рівному 0,26.

Відповідь: 474,5 млн.кВт.г.

5. Оцініть електроенергетичний потенціал біомаси при ККД перетворення енергії палива 30%, якщо 1 тис. кВт. ч еквівалентна 0,28 т.у.п. Потенціал біомаси: (1) відходи лісорозробок та відходи деревини при річному обсязі заготівель деревини 10 млн.м³ складають 1,5 млн. т.у.п. на рік, (2) відходи виробництва зернових та інших, продовольчих і технічних культур, енергетичне рослинництво-0, 8 млн. (3) т.у.п. Відходи тваринництва - 1 млн. т.у.п. (4) міські стоки, сміття - 0,7 млн. т.у.п.

Відповідь: . 4,29 млрд . кВт ч.

6 . Сільське господарство споживає 2,5 млрд. кВт. год електроенергії на рік, що становить 7,3% всього електроспоживання. Визначте, яку частину електроспоживання країни можна покрити за рахунок використання енергії біомаси.

Відповідь: 12,5%

Контрольні питання:

- Що таке біоенергетика і який енергетичний потенціал біомаси?
- Що таке фотосинтез і який потік сонячної енергії перетворюється на Землі в результаті фотосинтезу?
- Назвіть основні джерела біомаси? Назвіть основні способи переробки біомаси?
- Яка ефективність спалювання біопалива? Як її можна підвищити? У чому полягає сутність піролізу?
- Порядок роботи установки піролізу. У чому універсальність палива одержуваного при піролізі?
- Які речовини отримують при піролізі? У чому полягає процес гідрогенізації?
- Який продукт одержують у результаті спиртової ферментації?
- У чому сутність процесу спиртової ферментації? У чому сутність анаеробного зброджування?
- Як працює установка для анаеробного зброджування. Є анаеробної переробки гною?

Лабораторно-практичне заняття № 3.

Поновлювальна енергетика: геотермальна, енергія океанів, гідроенергетика.

Навчальна мета: Засвоєння основних принципів функціонування установок з добутку геотермальної енергії, енергії океанів та гідроенергетики.

Програма роботи

- 1) Розглянути видобуток та використання геотермальної енергії
- 2) Розглянути видобуток та використання енергії океанів
- 3) Розглянути видобуток та використання гідроенергетики
- 4) Розрахунки

Методика проведення

Перед початком заняття викладач на протязі 10-15 хвилин проводить опитування студентів за темою практичного заняття. Після чого студенти приймають участь у дискусії на тему «Використання поновлювальних джерел енергії» та розраховують приклад для гідроенергетики.

Основні теоретичні положення

1. ГЕОТЕРМАЛЬНА ЕНЕРГІЯ.

Внутрішня структура Землі, рис. 4 0,1 містить: 1 - розпечене внутрішнє ядро, 2 - зовнішнє ядро, 3 - мантію і 4 - тонку товщиною 30 км кору Землі.

Земна кора отримує тепло від розпеченого до 4000°C ядра, де відбуваються ядерні та хімічні реакції з виділенням величезної кількості тепла. Різниця температур між зовнішньою і внутрішньою поверхнями кори близько 1000°C . Кора складається з твердих порід і має невисоку теплопровідність. Геотермальний потік 5 через неї в середньому $0,06 \text{ Вт} / \text{м}^2$ при температурному градієнті $30^{\circ}\text{C} / \text{км}$. Вихід тепла через тверді породи суші і океанського дна відбувається за рахунок теплопровідності (геотермальне тепло) і у вигляді конвективних потоків розплавленої магми або гарячої води.

У районах з підвищеними градієнтами температури ці потоки складають $10\text{-}20 \text{ Вт} / \text{м}^2$ і там можуть бути створені геотермальні енергетичні (електричні) станції (Гео ТЕС).

Температурний градієнт підвищується в зонах з погано провідними тепло або насиченими водою породами. Особливо високе теплове взаємодія мантії з корою спостерігається по межах материкових платформ. У цих районах великий потенціал геотермальної енергії. Градієнт температури досягає $100^{\circ}\text{C} / \text{км}$. Це райони з підвищеною сейсмічністю, з вулканами, гейзерами, гарячими ключами. Такими районами є: Камчатка в Росії, Каліфорнія (Сакраменто) в США, а також зони в Новій Зеландії, Італії, Мексиці, Японії, Філіппінах, Сальвадорі, Ісландії та інших країнах.

Відомості про геотермальних структурах отримують при геологічній зйомці, проходці шахт, свердловин (при глибокому бурінні -6 км і більше). Технологія буріння свердловин до 15 км залишається такою ж як і до 6 км, тому при будівництві Гео ТЕС ця проблема може вважатися вирішеною.

Геотермальні райони поділяють на 3 класи:

гіпертермальні з температурним градієнтом більше $80^{\circ}\text{C} / \text{км}$ - розташовані в зонах поблизу кордонів континентальних платформ-Тоскана в Італії;

полутермальні $-40^{\circ}, +80^{\circ}\text{C} / \text{км}$ - розташовані далеко від кордонів платформ, але пов'язані з аномаліями, наприклад, глибокими природними водоносними пластами або роздробленими сухими породами - район Парижа;

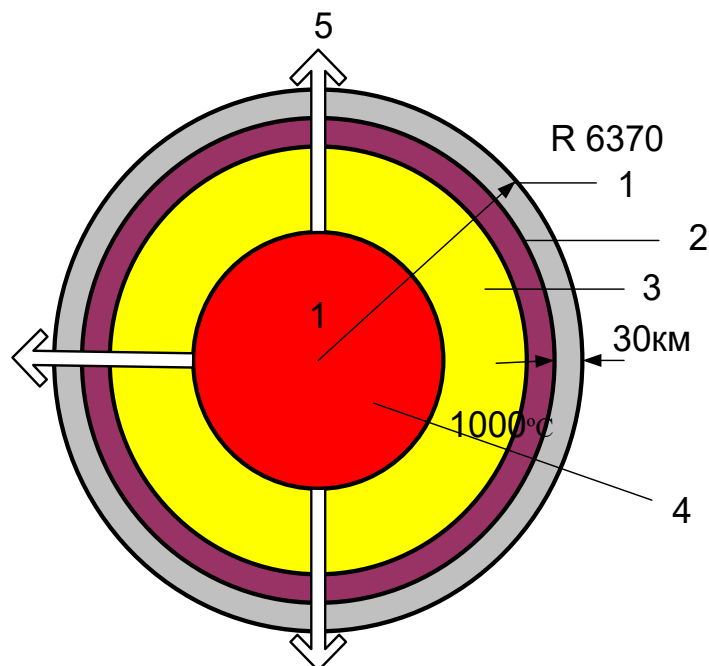


Рис. 4 .1. Внутрішня структура Землі і потік геотермальної енергії

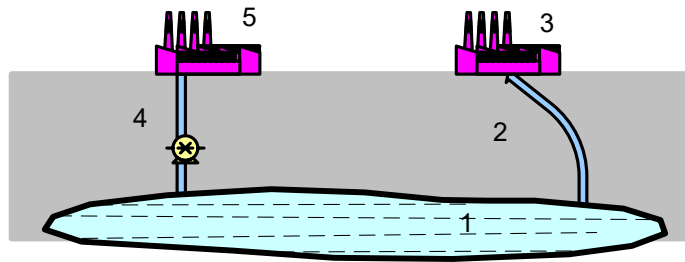


Рис. 4.2. Використання потоку геотермальної енергії

нормальні - менше $40^{\circ}\text{C} / \text{км}$, де теплові потоки складають $0,06 \text{ Вт} / \text{м}^2$. У цих районах витяг геотермального тепла - поки недоцільно.

Тепло виходить завдяки: (1) природною гідротермальною циркуляції, при якій вода проникає в глибокі шари, нагрівається, перетворюється в сухий пар, пароводяну суміш або просто нагрівається і утворює гейзери, гарячі джерела, (2) штучного перегріву, пов'язаному з охолодженням застигаючої лави, (3) охолодженню сухих скельних порід. Сухі скельні породи на протязі мільйонів років накопичували тепло. Відбір тепла від них можливий прокачуванням води через штучно створені розриви, свердловини та ін

Створені Гео ТЕС працюють на природній гідротермальною циркуляції, а також на штучному перегріві за рахунок отримання тепла з сухих скельних порід.

Геотермальна енергія має низькими термодинамічними властивостями. Це енергія низької якості (35%) і низької щільності ($0,06 \text{ Вт} / \text{м}^2$), з низькою температурою теплоносія. Найкращий спосіб її використання - комбіноване застосування для обігріву та вироблення електроенергії. При потреби в теплі з температурою до 100°C доцільно її використовувати тільки для обігріву, якщо температура теплоносія нижче 150°C . При температурі теплоносія 300°C і вище доцільно її комбіноване використання. Тепло доцільно використовувати поблизу місця видобутку, для обігріву помешкань і промислових будинків, особливо в зонах холодного клімату. Такі геотермальні системи використовуються, наприклад, в Ісландії. Тепло також використовується для обігріву теплиць, сушки харчових продуктів і т.д. Застосування геотермальної енергії визначається капітальними витратами на спорудження свердловин. Їх вартість експоненціально зростає із збільшенням глибини буріння.

Загальна кількість тепла, що витягується від теплоносія, може бути збільшено за рахунок повторної закачування в свердловини, тим більше, що небажано залишати на поверхні ці сильно мінералізовані води з екологічних причин. Геотермальні енергостанції розташовуються в гіпертермальні районах, рис.4.0.2, поблизу природних гейзерів і пароводяних джерел 1 з температурою води і пари $200 \dots 280^{\circ}\text{C}$ і використовують природні виходи тепла 2 (енергостанція 3) і спеціально пробурені свердловини 4 (енергостанція 5).

Схема отримання тепла з сухих гірських порід включає нагнетательную 1 і водозабірну 2 свердловини, рис. 4.3. Скала на глибині 5-7 км дробиться гідровибухом за допомогою холодної води, що нагнітається під тиском у свердловину. Після попереднього дроблення порід вода нагнітається через нагнетательную свердловину, фільтрується через скельні породи на глибині 5 км при $t^{\circ} = 250^{\circ}\text{C}$, тепла вода повертається на поверхню через водозабірну свердловину.

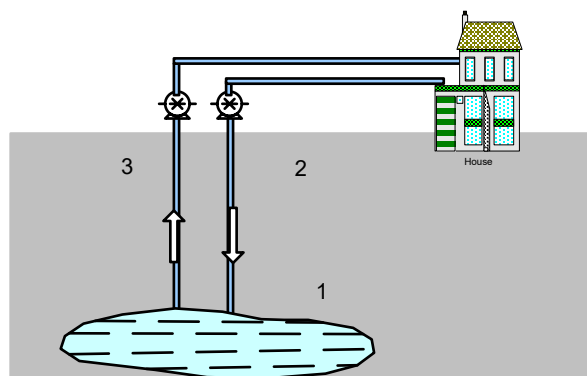


Рис. 4.3. Схема отримання тепла з сухих гірських порід

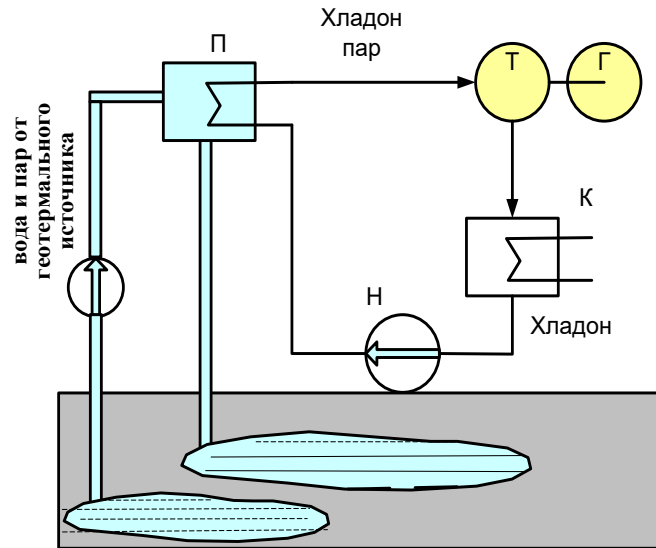


Рис. 4.4. Використання геотермальної енергії для виробництва електроенергії в тепловому двигуні з одним робочим тілом (з водою або фреоном)

Використання геотермальної енергії для виробництва електроенергії може бути вироблено за різними схемами:

- *Турбінний Цикл з одним робочим тілом з водою або хладоном* показано на рис. 4.4, де: П-теплообмінник (парогенератор), де геотермальне тепло передається Хладон, нагріває і випаровує його, Т-турбіна, Г-генератор, К-конденсатор, Н-насос. При використанні низькотемпературного геотермального джерела для приведення в дію турбіни замість води застосовують рідини з більш низькою температурою пароутворення, наприклад, хладон або аміак. Особливі труднощі виникають з теплообмінниками через високу концентрацію хімічних речовин у воді зі свердловин.

- *Схема прямого парового циклу*, рис. 4.5, містить: пароводяної сепаратор-ПС, редуктор-Р, Т-турбіну, Г-генератор, К-конденсатор, Н-насос. Вода з парою від геотермального джерела подається в пароводяної сепаратор, де пар відокремлюється від води і надходить у турбіну. Вода повертається під землю. Відпрацьований в турбіні пар конденсується, і конденсат також закачується під землю.

Найбільші геотермальні електростанції :

Гейзери - США - 1.596.000 кВт - 22 агрегата - 1985р. споруди
 Серро-Пріето - Мексика - 620.000 кВт - 9 агрегатов - 1987р. споруди
 Тіві - Філіппіни - 330.000 кВт - 6 агрегатів - 1982р. споруди
 Макілінг-Банахао - Філіппіни - 330.000 кВт - 6 агрегатів - 1984р. споруди
 Ларделло - Італія - 185.000 кВт - 11 агрегатів - 1949р. споруди
 Уайракей - Нова Зеландія - 140.000 кВт - 8 агрегатів - 1978р. споруди
 Камоджанг - Індонезія - 140.000 кВт - 3 агрегата - 1988р. споруди
 Паужетская-Камчатка - Росія - 11.000 кВт - 3 агрегату - 1980р. споруди
 Капітальні витрати на будівництво Гео ТЕС у даний час можна порівняти з витратами на АЕС і складають 1500-2500 \$ на 1 кВт встановленої потужності.

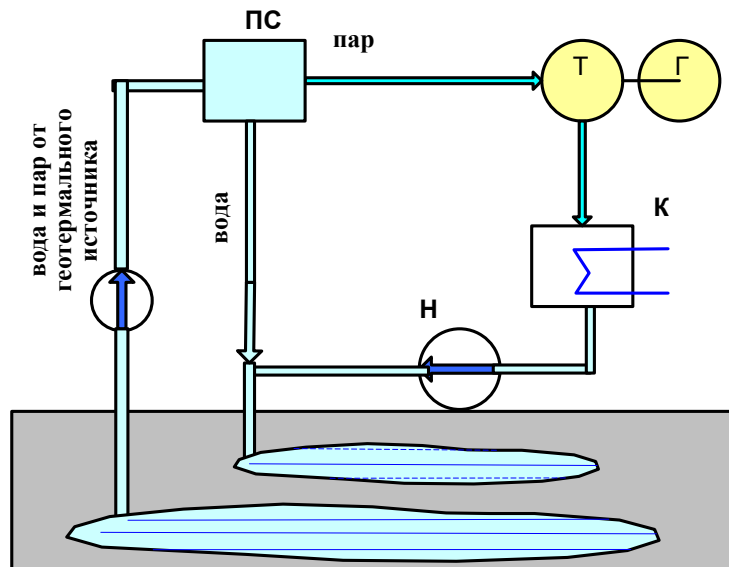


Рис. 4.5. Використання геотермальної енергії для виробництва електроенергії в прямому паровому циклі.

Контрольні питання.

1. Розкажіть про внутрішню будову Землі. Які розміри і температури кори, мантії, зовнішнього та внутрішнього ядра?
2. Як джерела геотермальної енергії і яка щільність її потоку в середньому і в районах з підвищеним потоком?
3. Назвіть райони з підвищеним потоком геотермальної енергії.
4. Як поділяють геотермальні райони за величиною температурного градієнта.
5. Як і де доцільно використовувати геотермальну енергію?
6. Як використовується геотермальна енергія для виробництва електроенергії? Опишіть прямий паровий цикл теплового двигуна з одним робочим тілом.
7. Опишіть турбіноцикл теплового двигуна з одним робочим тілом з водою або хладоном
8. Назвіть найбільші геотермальні електростанції?

2. ЕНЕРГІЯ ОКЕАНІВ.

Енергія океанів - це енергія хвиль, енергія припливів і тепла енергія води.

Енергія хвиль.

Потужність, що переноситься хвилями на глибокій воді, пропорційна квадрату їх амплітуди і періоду. Дліноперіодичні хвилі ($T \approx 10$ с) з великою амплітудою ($A \approx 2$ м) дозволяють знімати з одиниці довжини гребеня до 50 кВт / м.

Проекти використання енергії хвиль розробляються в Японії, Великобританії, в Скандинавських країнах. Розробляються об'єкти з одиничними модулями 1000 кВт з довжиною вздовж фронту хвилі близько 50 м. Такі установки можуть бути конкурентоспроможні з дизель-генераторами при електропостачанні віддалених селищ на островах.

Складності створення хвильових енергоустановок обумовлені нерегулярністю хвиль по амплітуді, частоті, напрямку, можливістю 100-кратних перевантажень при штормах і ураганах, розташуванням на глибокій воді, далеко від берега, складністю узгодження низької частоти хвиль (0,1 Гц) і високої частоти електричного генератора (50 Гц).

Хвильова енергоустановка 1, що використовує коливний водяний стовп, рис. 5 .1, розміщується на ґрунті. Вона складається з нижньої вертикальної камери 2, сполученої з морем і має два отвори з клапанами 4 і 7, і повітряної камери 3 з двома отворами з клапанами 5 і 6, з дифузorzом і турбіною 8, з'єднаної валом з електричним генератором 9.

При набіганні хвилі на частково занурену порожнину, відкриту під водою, стовп води в порожнині коливається, і змінює тиск повітря над рідиною. За допомогою клапанів повітряний потік регулюється так, що проходить через турбіну в одному напрямку. При набіганні хвилі повітряний потік з нижньої камери під тиском проходить через клапан 4 в верхню камеру, через дифузorz, приводить в обертання турбіну і виходить назовні через клапан 5. При сбеганні хвилі клапани 4 і 5 закриті. Під дією розрідження, що виникає в нижній камері, повітря засмоктується зовні у верхню камеру, проходить через дифузorz в колишньому напрямі і через клапан 7 проходить в нижню камеру. На цьому принципі діють енергоустановки, впроваджені в Японії, Великобританії, Норвегії (500 кВт).

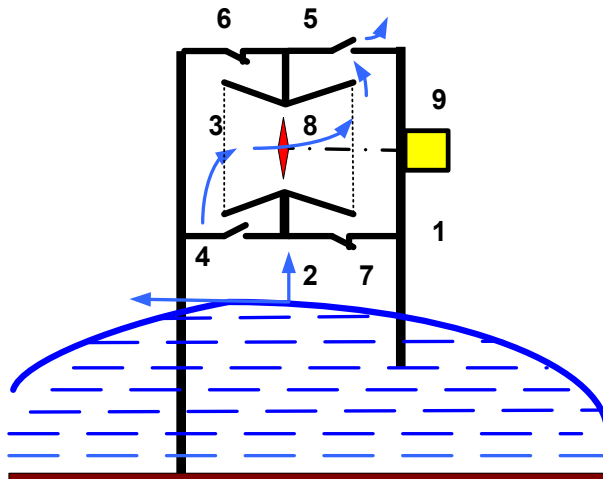


Рис. 5 .1. Хвильова енергоустановка

Можливі інші конструкції енергоустановок, наприклад, підводне пристрій, який складається з плавучого корпусу - поплавка, закріпленого під водою на опорах, встановлених на ґрунті. Під впливом підповерхневого руху вод він здійснює коливальні рухи, які перетворюються в рух поршневого насоса. Рідина подається на генераторну станцію по трубопроводах.

Енергія припливів .

Приливні коливання рівня в океанах відбуваються періодично: добові з періодом 24 години 50 хвилин і півдобові з періодом 12:00 25 хвилин. Різниця рівнів самого високого і найнижчого - це висота припливу. Вона коливається від 0,5 до 10-11 метрів. Під час припливів і відливів виникають приливні течії, швидкість яких в

протоках між островами досягає 4-5 м / с. Причиною виникнення припливів є гравітаційна взаємодія Землі 1 з Місяцем 2, рис. 5.2. Гравітаційні ж сили утримують воду на поверхні Землі, що обертається. Площина обертання Місяця відносно Землі має нахил відносно площини екваторіальної (у якій Земля обертається щодо Сонця) і двічі протягом сонячних діб Місяць проходить через екваторіальну площину.

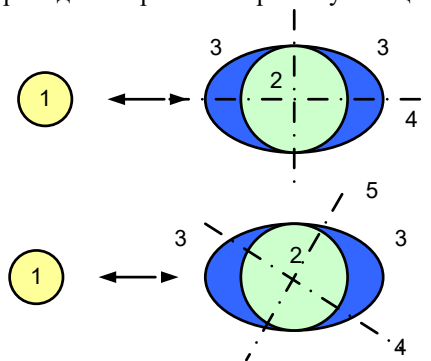


Рис. 5 0,2. Виникнення припливів

Якщо Місяць знаходиться в екваторіальній площині Землі, океанські води втягуються в піки 3 в точках - максимально наближеною і віддаленій від Місяця. У найближчій до місяця точці діє збільшена сила місячного тяжіння і зменшена відцентрова сила, в найбільш віддаленій точці-зменшена сила місячного тяжіння і збільшена відцентрова сила.

Це півдобові припливи. Вони спостерігаються в будь-якій точці два рази на добу. Зазвичай Місяць не у екваторіальній площині Землі. Тому приливи в цій точці виникають також 1 раз на добу. Це добові припливи.

На величину виникаючих припливів впливає мінливий відстань між Місяцем і Землею, збіг чи розбіжність Місячних і Сонячних припливів, місце, в якому спостерігається прилив, відкритий океан або поблизу узбережжя, в гирлах річок та інші.

Приливна електростанція (ПЕС) може бути розташована безпосередньо в приливному перебігу, рис. 5 0,3.

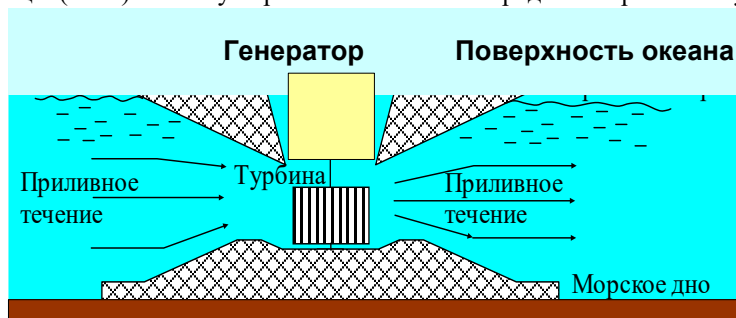


Рис. 5 0,3. Приливна енергоустановка

Інший варіант розташування ПЕМ - басейн, відокремлений від океану дамбою або греблею. Під час припливу вода в басейні піднімається на максимальну висоту. При відливі маса води пропускається через турбіну, виробляючи електроенергію.

Розвиток приливної енергетики можливо в місцях з великими висотами припливів і великими потенціалами приливної енергії, наприклад, на узбережжі Північної Америки (9 ... 11м), в західній Африці 5м, на узбережжі Білого, Баренцового морів, у Франції (Бретань), Великобританії (Северн), Ірландії, Австралії. Приливні енергоустановки характеризуються великими капітальними витратами. Капітальні витрати на будівництво ПЕС можуть бути знижені рішенням комплексних господарських завдань: одночасним будівництвом доріг вздовж дамб, поліпшенням умов судноплавства, зниженням витрати дорогого дизельного палива і так далі.

Найбільші приливні електростанції:

Ла Ранс - Франція - 240.000 кВт - 24 турбіни - 1967р.

Аннаполіс - Канада - 20.000 кВт - 1 турбіна - 1984р.

Джянгсіа - Китай - 3.900 кВт - 6 турбін - 1986р.

Байсхакоу - Китай - 640 кВт - 4 турбіни - 1985р.

Кислогубская - Росія - 400 кВт - 1 турбіна - 1968р.

Перетворення теплової енергії океану.

Сонячна енергія, поглинена океаном, перетворюється в тепло, причому, верхні шари води нагріваються більше нижніх придонних на 18 ... 22 ° С. Перетворення теплової енергії океану в електричну можливо за допомогою теплової машини, що використовує перепад температур між поверхневими і глибинними водами океану, рис 5 0,4. Тут: П - теплообмінник-парогенератор, що передає тепло «гарячої води» Хладон, К-конденсатор, в якому відбувається конденсація хладону з відбором тепла «холодною водою», Н - конденсатний насос, Т і Г, відповідно, турбіна, що працює на парах хладону, і генератор.

Робоча рідина теплової машини циркулює по замкнутому контуру, відбирає тепло від "гарячої" води в теплообміннику випарника П, в паровій фазі приводить в дію турбіну Т і електричний генератор Е, а потім конденсується в охолоджуваному холодною водою конденсаторі К. Через низький температурного перепаду і

низької температури "гарячої" води в якості робочої рідини застосовують хладон або аміак, що мають низьку точку кипіння.

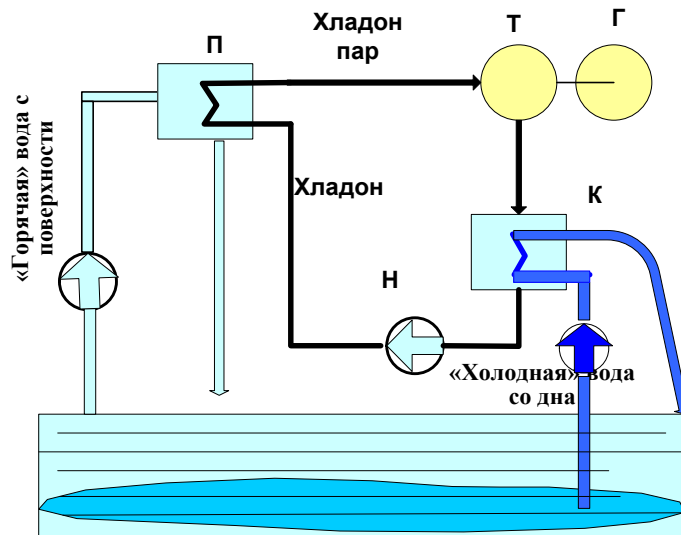


Рис. 5 0,4. Використання теплової енергії океану для виробництва електроенергії в тепловому двигуні

В ідеальній системі потужність, що віддається теплою водою пропорційна її щільності ρ , , питомої теплоємності c , витраті Води Q_B І перепаду температур $\Delta\theta$:

$$P = \rho \cdot c \cdot Q_B \cdot \Delta\theta$$

Максимальна механічна потужність на валу турбіни

$$P_T = P \cdot \eta_T ,$$

де $\eta_T = \frac{\Delta\theta}{\theta_G}$ - ККД ідеальної теплової машини, що працює при перепаді температур

$$\Delta\theta = \theta_G - \theta_X = 30 - 8 = 22^\circ\text{C}$$

$$\text{Він дорівнює } \eta_T = \frac{22 \cdot 100}{30 + 273} = 7,3\%$$

Для ідеальної теплової машини вихідна механічна потужність:

$$P_M = \frac{\rho \cdot c \cdot Q_B \cdot (\Delta\theta)^2}{\theta_G}$$

Необхідна витрата води для ідеальної теплової машини потужністю 1000кВт

$$Q_B = \frac{P_M \cdot \theta_G}{\rho \cdot c \cdot (\Delta\theta)^2} = \frac{1000 \cdot 10^3 \cdot (30 + 273) \text{ K}}{10^3 \cdot 4,2 \cdot 10^3 (22)^2} = 0,18 \text{ m}^3 / \text{c} ,$$

Таким чином, навіть для ідеальної машини при максимально можливому перепаді температур в океані витрата води дуже значний. А максимальний перепад температур 18 ... 22 ° С буває тільки в тропіках.

Хороші умови для будівництва океанської термальної електростанції існують на Гавайських островах, поблизу півострова Флорида, США, а також поблизу острова Науру (центральна частина Тихого океану, від 0 ° північної широти, 166 ° східної довготи). У 1000м від берега глибина океану вже 700м, а температурний перепад становить 22

. Електростанція може бути встановлена на березі, а не в океані. Судячи з детальним характеристикам цього місця, тут створена експериментальна океанська термальна станція потужністю 1000кВт. За наявними даними питомі витрати на будівництво такої станції складають до 40.000 доларів на 1кВт встановленої потужності і розміри установки - значні.

У реальних умовах теплообміну не все тепло "гарячої" води передається робочої рідини через низьку теплопровідність морської води, великого опору теплопередачі в теплообміннику шару накипу, біобіотрання. Тому витрата води і розміри теплообмінників - значно більше, ніж в ідеальному випадку. Трубопроводи холодної води піддаються впливу хвиль, течій і власної ваги, особливо якщо станція розташовується на плаваючій платформі у відкритому морі. У цьому випадку існують також складнощі в з'єднанні станції з берегом (довгі високовольтні кабелі). Потужність насосів витрачається на подолання сил опору в самому трубопроводі і на підйом води над рівнем океану. Для подолання опору трубопроводу довжиною 1000м і діаметром 1м при витраті

води $0,5 \text{ м}^3 / \text{с}$ у станції потужністю 1000 кВт , при перепаді температур 20°C потрібна потужність насосів всього 5 кВт . Якщо ця вода піднімається до теплообмінника, розташованому на висоті H над рівнем океану, потрібна додаткова потужність 5 кВт на кожен метр підйому. На це також витрачається потужність самої станції (власні потреби).

Контрольні питання:

1. Від яких факторів залежить потужність, що переноситься хвилями і яка її величина?
2. У чому складність створення хвильових енергоустановок?
3. Поясніть пристрій і принцип дії хвильової енергоустановки, що використовує коливний водяний стовп.
4. У чому причина виникнення припливів? Яка буває висота припливів?
5. Принцип створення приливної енергоустановки?
6. Які місця на Землі найбільш перспективні для створення приливних електростанцій? Назвіть діючі приливні електростанції.
7. Як можна використовувати тепло води в океані? Як влаштована теплова машина для використання теплової енергії води в океані?
8. У чому складність використання теплової енергії води в океані?
9. В яких місцях на Землі можна використовувати теплову енергію води океану?

3. ГІДРОЕНЕРГЕТИКА

Гідроенергетика використовує енергію падаючої води. Ця енергія перетворюється на механічну енергію в гідротурбіні і в електричну в гідрогенераторів. Потужність, що віддається падаючою водою турбіні:

$$P = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot Q}{1000}, \text{ кВт}, \quad (6.0.1)$$

де: $\rho = 10^3 \text{ кг} / \text{м}^3$ - щільність води,

$g = 9,81 \text{ м} / \text{с}^2$ - прискорення сили тяжіння,

Q – витрата води, $\text{м}^3 / \text{с}$,

H – висота падіння води, м.

Втрати при цьому перетворенні невеликі і витрачаються тільки на видалення води з турбіни. К.П.Д. сучасних гідротурбін досягає 90%.

При визначенні гідроенергетичного потенціалу місцевості, району, області річне вироблення електроенергії ГЕС може скласти

$$W = \frac{\eta_T \cdot \eta_G \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot \rho \cdot g \cdot H \cdot Q_G}{3600 \cdot 1000}, \text{ кВт} \cdot \text{ч}, \quad (6.0.2)$$

- Де k_1, k_2 – Сток опадів, що випадають в Річки, %, і річки, на яких можливе будівництво гребель, %, відповідно,
- H – перепад висот, мінімальний над рівнем моря і розрахункової, розташованої на висоті $100 \dots 300 \text{ м}$ над нею, м,
- η_T, η_G – ККД турбіни та генератора,
- Q_G – річний стік з розрахунковою площі,

$$Q_G = S_p \cdot h, \text{ м}^3 / \text{год}, \quad (6.0.3)$$

- S_p – розрахункова площа території, розташованої на висоті $100 \dots 300 \text{ м}$ над мінімальною висотою,

- h – річна кількість опадів, м,

Умовами доцільності використання гідроенергії в даній місцевості є:

- досить великий річний стік і перепад висот не менше $250 \dots 300 \text{ м}$; при меншому перепаді висот нерационально зростають площі затоки території при створенні водосховищ,
- річний рівень опадів не менше $0,4 \text{ м}$,
- рівномірне розподілом опадів протягом року, підходящий рельєф місцевості і наявність місць для водосховищ.

Гідротурбіни поділяються на реактивні та активні.

Робоче Колесо *реактивної турбіни* ПОВНІСТЮ занурене у воду і обертається за рахунок різниці Давлених До і ПІСЛЯ Колеса, рис.6 0,1. Тут: 1 - русло річки, 2 - природний водоспад, 3 - решітка, 4 - водовід (канал), 5 - направляючий апарат, 6 - гідротурбіна, 7 - гідрогенератор в будівлі ГЕС.

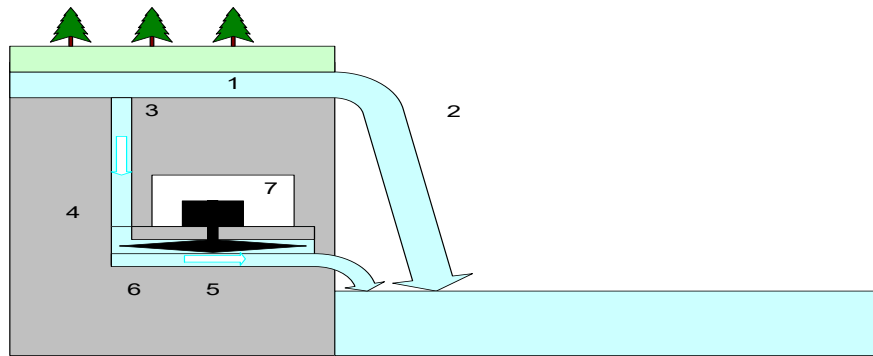


Рис. 6 .1. Дериваційна гідроелектростанція з реактивною гідротурбіною поблизу природного водоспаду.

Реактивна турбіна може працювати при реверсуванні генератора як насос (гідроакумуючі станції).

Прикладом реактивної турбіни є пропелерна гідротурбіна з вертикальним валом з осьовим напрямком потоку.

Ця турбіна найбільш компактна і тому набула найбільшого поширення. Недоліком турбіни є великий перепад тисків при русі рідини в ній через те, що потік ізольований від атмосфери стінками направляючого апарату. З цієї причини мінімальний тиск води значно менше атмосферного і навіть може виявитися менше тиску насичених парів води. У потоці утворюються бульбашки пари - виникає кавітація. При набіганні потоку на колесо турбіни тиск в потоці різко зростає, бульбашки схлопуються. Виникають великі тиску, які можуть викликати руйнування турбіни. Це явище посилюється із збільшенням швидкості потоку і напору. Тому вертикально-осьові турбіни використовуються в основному при низьких напорах.

Робоче Колесо *активної гідротурбіни*, рис. 6 0,2, обертається в повітрі намагається на його лопаті потоком води, тобто кінетичної енергією цього потоку. Тут: 1 - русло річки, 2 - штучний водоспад, 3 - колесо гідротурбіни, 4 - гідрогенератор в будівлі ГЕС.

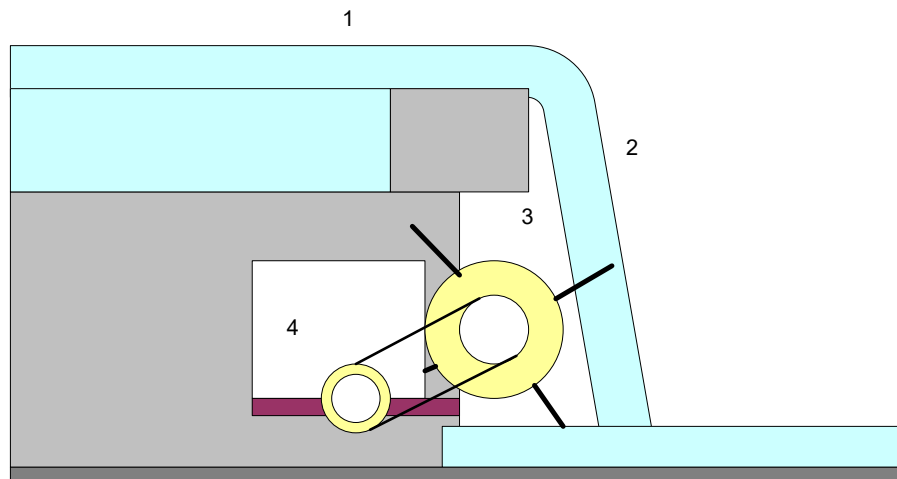


Рис. 6 .2. Гідроелектростанція з активною гідротурбіною на штучному водосховищі.

Загальна потужність ГЕС в світі (1986р.) близько 500 млн. кВт. Ними виробляється 2 трлн. кВт × год електроенергії на рік (всього виробляється 10 трлн. кВт × год на рік). Потенційні можливості гідроенергетики складають ще 1,5 млрд. кВт не рахуючи малих річок і малопотужних установок, сумарна потужність яких може бути значною.

Найбільші ГЕС в світі:

Гурі-Венесуела-ріка Кароні-10.300.000 кВт-20 турбін-1986р.

Итайпу-Бразилія-Парагвай-ріка Парана -7.000.000 кВт - 10 турбін-1988р.

Гранд-Кулі-США - річка Колумбія-6.480.000 кВт -33 турбіни-1980р.

Саяно-Шушенська - Росія - річка Єнісей-6.400.000 кВт-1985р.

Красноярська - Росія - річка Єнісей-6.000.000-12 турбін-1971р.

ГЕС великої потужності - не завжди екологічно чисті. При їх будівництві відбувається затоплення значних площ, лісових масивів, полів, заболочування, замулювання. Змінюються режими річок, морів, умови життя риби, тварин.

Приклади: будівництво ГЕС на річках Сибіру, Волзі, загибель Аральського моря.

Предметом даного курсу є тільки екологічно чисті малі ГЕС, які не потребують затоплення великих площ і не порушують екологічної рівноваги в природі.

Як приклад наведемо дані двох ГЕС на Нілі.

Одна з них добре відома. Це Асуанська ГЕС в Єгипті потужністю 2,1 млн. кВт, 12 турбін, виробництво електроенергії 10 млрд. кВт × год на рік, рік побудови 1970. ГЕС будувалася в 60-і роки для вирішення соціально важливих економічних завдань, що виникли перед Єгиптом. Ці завдання станція допомогла вирішити:

розширилися площі зрошуваних земель майже на 1 млн. га, покращився судноплавство, була ліквідована небезпека посух і повеней. Майже вдвічі збільшився відбір води для іригації. Однак будівництво ГЕС призвело до значних втрат: заболочування місцевості, засолення сільськогосподарських площ в дельті Нілу, погіршення родючості ґрунту та збільшення кількості мінеральних добрив, небезпека нависання величезної маси води над усім Єгиптом: водосховище має 500 км в довжину, 22 км в ширину і 90 метрів в глибину.

Інша ГЕС на Нілі - маловідома. Це ГЕС на блакитному Нілі в районі Великих Водоспадів Нілу в Ефіопії. Це дериваційна ГЕС невеликої потужності (2 турбіни по 4,6 МВт). Відвід пробитий в скелі поруч з водоспадом і подає воду до турбін без створення водосховищ і порушення режиму річки. Схема цієї електростанції показана на рис.7.1. Тут: 1-русло річки, 2-водоспад,

3-решітка, 4-водовід, 5-осьова пропелерна турбіна, 6-направляючий апарат, 7-генератор.

В1950-ті роки в Білорусі работало162 малих ГЕС загальною потужністю 11,9 тис. кВт. В даний час діє 11 ГЕС потужністю 7 тис. кВт. Передбачається відновити та реконструювати ще 29 ГЕС потужністю 15 тис. кВт і побудувати на існуючих неенергетичних водосховищах 17 ГЕС потужністю 5,8 тис. кВт. Всього 27,8 тис. кВт з річної виробленням електроенергії 85 млн.кВт.г. На забруднених територіях півдня Білорусі існує технічна можливість будівництва 4 ГЕС на Дніпрі нижче Могильова потужністю 112 тис. кВт, 3 ГЕС на Соже 32,5 тис. кВт, 1 ГЕС на Прип'яті 11 тис. кВт і на притоках Прип'яті 2,3 тис. кВт. До 2010 року в республіці передбачається освоїти 140 тис. кВт потужності гідроенергоресурсів. Річне виробництво електроенергії за різними оцінками може скласти близько від 0,5 до 1,0 млрд. кВт. ч. на рік.

Капітальні витрати на будівництво ГЕС складають 2000 ... 2500 доларів на 1 кВт встановленої потужності. Термін окупності 3 роки. Термін служби 50-60 років.

Питання та завдання.

1. Визначте гідроенергетичний потенціал країни (можливу вироблення електроенергії і потужність гідроелектричних агрегатів), якщо: територія країни становить 206,7 тис.кв. км, мінімальна висота над рівнем моря близько100 м, площа території, розташована на висоті:

150 ... 200м над рівнем моря 9421кв.км,

200 ... 250м над рівнем моря 3907кв.км,

250 ... 300м над рівнем моря 283кв.км,

300 ... 350м над рівнем моря 208кв.км,

річна кількість опадів 0,5 ... 0,7 м, стік опадів, що випадають в річки 25 ... 30%, річки, на яких можливе будівництво гребель 25 ... 30%, ККД турбін 90%, ККД генераторів 91%, коефіцієнт використання номінальної потужності гідроагрегатів 0,2.

Відповідь : 229,1 млн. кВт.год, 130,8 тис.кВт.

2. Визначте можливу потужність малої ГЕС на р. Свислочь і річну вироблення електроенергії. Середня ширина річки становить 10м, глибина-1, 2 м, швидкість течії-0, 5 м / с, можлива висота греблі-5м. ККД гідротурбіни 90%, ККД генератора 91%. Коефіцієнт використання номінальної потужності ГЕС - 0,2.

Відповідь : 241кВт, 422,2 тис.кВт.ч.

Контрольні питання:

3. Розкажіть про перспективи розвитку гідроенергетики в країні.
4. Поясніть принцип дії активної гідротурбіни.
5. Поясніть принцип дії і пристрій реактивної гідротурбіни.
6. Що таке кавітація?
7. До яких негативних наслідків може призвести будівництво великих гідроелектростанцій? Чому їх, проте, будують?
8. Що собою являє дериваційна електростанція? У чому її переваги?

Лабораторно-практичне заняття № 4. Енергозбереження в системі електропостачання

Навчальна мета: Засвоєння методики розрахунку втрат енергії в системі електропостачання.

Програма роботи

- 1) Розглянути теоретичний матеріал
- 2) Вирішення практичних завдань

Методика проведення

Перед початком заняття викладач на протязі 10-15 хвилин проводить опитування студентів за темою практичного заняття. Потім студенти розглядають теоретичний матеріал та виконують практичні розрахунки.

Основні теоретичні положення

Енергозбереження в системі електропостачання

Повна система електропостачання включає в себе електричні станції, електричні системи та мережі (лінії електропередачі, трансформаторні підстанції) і споживачів електричної енергії.

Втрати енергії починаються з електричної станції, з перетворення внутрішньої енергії палива в електричну енергію в генераторі, ККД цього перетворення низький в основному через низьку ефективність теплового двигуна. У конденсаційних електростанціях він складає всього 30%, в ТЕЦ - досягає 80%.

Втрати енергії в електропередачі (в лініях і трансформаторах) теж значні, оскільки від джерела до споживача електроенергія піддається 3-5 трансформаціям і проходить сотні і тисячі кілометрів. К.П.Д. електропередачі становить орієнтовно 90%.

Не менш марнотратні і самі споживачі електричної енергії: ККД найбільш широко поширених джерел електричного освітлення, ламп розжарювання всього 5%, К.П.Д. люмінесцентних і найбільш сучасних галогенних ламп - близько 20%, ККД електродвигунів невеликої потужності (мікродвигунів) - 30 ... 50%, ККД потужних двигунів - 80 ... 90% і вище. Крім того, існують електротехнологічні установки, такі як зварювання, височастотний нагрів, нагрів в печах опору, в дугових печах, що супроводжуються значними втратами енергії. Все це об'єкти для енергозбереження в системі електропостачання.

Заходи з енергозбереження в системі електропостачання організовує і стимулює енергосистема шляхом встановлення відповідних тарифів (двоставковий тариф, денний, нічний тариф і інш.), шляхом примусових включень - відключень, завданням своїх вимог до графіків навантаження і інш.

Нераціональні витрати електроенергії виникають:

- при невідповідності використовуваного застарілого обладнання характером і обсягу виробництва в умовах, що змінилися,
- при використанні електронагрівачів для нагріву приміщень, води і т.д. за наявності інших джерел тепла (пара або гаряча вода від котелень або ТЕЦ, сонячна енергія, енергія вітру),
- при відсутності або поганій якості теплоізоляції електропечей, електроплит, кухонного обладнання.
- при відсутності або недостатньої або надлишкової потужності компенсуючих пристроїв,
- при поганому стані механічного обладнання (дефекти конструкції, вироблені підшипники, неналежна змащення),
- при поганій якості ремонту електродвигунів,
- при завищеній потужності електродвигунів,
- при завищеною або заниженою потужності електронагрівачів,
- при відсутності автоматичного управління і регулювання технологічних процесів горіння в котельнях, подачі води, повітря, відсмоктування димових газів, частоти обертання в механізмах залежно від необхідного навантаження, температури і т.д.,
- за відсутності контролю витрати електроенергії в підрозділах і відсутності систем матеріального стимулювання енергозбереження,
- при поганій якості або відсутності теплоізоляції мереж стисненого повітря.

Зниження втрат енергії в системі електропостачання досягається

- зменшенням втрат в трансформаторах - правильним вибором їх потужності, числа, раціонального режиму роботи, винятком холостих ходів при малих навантаженнях, вибором числа одночасно працюючих трансформаторів, підбором компенсуючих пристроїв, застосуванням автотрансформаторів,
 - зменшенням втрат у лініях, шинопроводах, реакторах,
 - регулюванням графіків навантаження,
 - компенсацією реактивної потужності, правильним вибором потужності і розташування компенсуючих установок,
 - застосуванням для компенсації реактивної потужності батарей статичних конденсаторів на напружених 0,38 і (або) 6-10 кВ, застосування синхронних двигунів, що працюють в режимі перезбудження або з $\cos \varphi_H = 1$
- , застосування синхронних компенсаторів на великих підстанціях,

Зниження втрат вдосконаленням технологічного процесу досягається:

- раціональним вибором самого технологічного процесу, маючи на увазі, що витрата енергії, наприклад, при струганні в 1,5 рази більше, ніж при токарній обробці одних і тих же деталей, а при свердлінні в 1,3 рази більше, ніж при струганні і т. д.,
- суміщенням операцій, збільшенням подач,
- збільшенням навантаження двигунів, заміною незавантажених двигунів двигунами меншої потужності, перемиканням незавантажених двигунів з трикутника на зірку,
- автоматизацією операцій, наприклад, підведення-відвід інструмента,
- підвищенням якості ремонту асинхронних двигунів (небажаність проточки роторів, своєчасна заміна підшипників, перемотування обмоток без порушення технічних умов тощо),
- регулюванням частоти обертання електродвигунів для зниження витрати насосів компресорів, вентиляторів, замість регулювання засувкою, вибором числа паралельно працюючих механізмів,
- регулюванням і своєчасним відключенням електричного опалення, освітлення, кондиціонування при закінченні роботи, залежно від стану навколишнього середовища,
- регулюванням напруги в допустимих ГОСТ межах - 5-10% номінального.

Зниження втрат в освітлювальних установках досягається:

- застосуванням сучасних економічних джерел світла - галогенних, люмінесцентних ламп з ККД = 20% замість ламп розжарювання з ККД = 5%,
- максимальним використанням природного освітлення шляхом проектування виробничих будівель, організацією робочого часу, вмістом у чистоті прозорих стель, вікон,
- автоматичним або ручним відключенням непотрібного освітлення в світлий час або зниженням освітленості, коли це можливо,
- зменшенням потужності ламп там, де це не заважає технологічному процесу заміною ламп або зниженням напруги за допомогою трансформатора або в схемі з однополуперіодним випрямлячем.

Питання та завдання

1. Що таке енергозбереження?
2. Охарактеризуйте поняття енергоемність, енергоспоживання, енерговміст.
3. Назвіть відомі вам показники енергозбереження, назвіть їх величини.
4. Що таке норми витрати енергоресурсів? Хто їх встановлює і як?
5. У яких випадках використовуються показники енергоспоживання?
6. У яких випадках використовуються показники енергоемності?
7. Перерахуйте елементи системи електропостачання, в яких відбуваються втрати енергії. Назвіть орієнтовну величину К.П.Д. теплового двигуна, синхронного генератора, трансформатора, електропередачі, К.П.Д. електродвигунів, ламп розжарювання, люмінесцентних та галогенних ламп.
8. Коротко оцініть можливості економії енергії в системі електропостачання від генератора електричної станції до заводських і цехових підстанцій.
9. Добовий графік навантаження трансформатора ТМН-1000/35:

Час, годину	Навантаження, кВА	тому J
0 ... +8	0	
8 ... 14	1000	0,9
14 ... 18	425	0,8
18 ... 24	200	0,6

Номинальні дані трансформатора: $S_n = 1000$ кВА, $U_n = 35/0,4$ кВ, $U/U_o = 0$, $R_o = 2,1$ кВт, $R_k = 11,6$ кВт, $U_k = 6,5\%$, $\gamma_{про} = 1,4\%$. Визначте:

- номінальний ККД трансформатора (при $\cos \varphi_H = 1$),
- максимальний ККД,
- середньодобовий (енергетичний) ККД,
- При якому співвідношенні втрат і при якій навантаженні у відсотках від номінальної ККД трансформатора має максимальне значення?

Відповідь : 98,65%, 99,02% при рівності постійних і змінних втрат, 98,36%.

10. Проаналізуйте технологічну схему насосної установки системи водопостачання. Система включає: всмоктуючий трубопровід, приводний електродвигун, редуктор, насос, напірний трубопровід, вентилі, крани споживачів і т.д.). Вкажіть можливі джерела втрат води та електроенергії і шляхи енергозбереження.

11. Визначте річні втрати електроенергії та їх вартість від витоків у системі водопостачання міста, з населенням 2 млн. людина, вважаючи, що в місті з 100 тис. кранів капає по 1 краплі (1 мл) в секунду цілодобово. Потужність насосів визначте за формулою

$$P = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{\eta_H \cdot \eta_D \cdot \eta_T},$$

де: $R = 10^3$ кг / м³ - щільність води,

$g = 9,8$ м / с² - прискорення вільного падіння,

H - повний напір з урахуванням висоти всмоктування, м, $H = 100$ м, продуктивність насосів, м³ / с,

$$\eta_H = 0,7 - \text{КПД}_{\text{насоса, о.е.}}, \eta_T = 0,95 - \text{КПД}_{\text{передачі, о.е.}},$$

$$\eta_D = 0,95 - \text{КПД}_{\text{електродвигателя}}.$$

Вартість 1 кВт × год електроенергії для систем водопостачання та опалення - 170 руб. / кВт. Ч

Відповідь : 859,4 тис. кВт. ч, 146,1 млн. руб.

12. Визначте річні витрати та економічний ефект в кВт. год від заміни малонагружених асинхронного двигуна номінальною потужністю 200 кВт, з частотою обертання 980 об / хв, номінальним ККД 94%, ККД при 40-відсотковому завантаженні 92%, використовуваного для приводу механізму зі статичним моментом навантаження на валу 800 Нм, з частотою обертання 980 об / хв при річному числі годин роботи 4000, двигуном потужністю 90 кВт, частотою обертання 980 об / хв, ККД 92,5% і $\cos \varphi_H = 0,89$.

Відповідь : 356,8 тис. кВт.год, 1,93 тис. кВт. ч.

13. Визначте витрату електроенергії на нагрів 100л води від 10 до 100 ° С в баку з електронагрівачем потужністю 8 кВт, вважаючи середні теплові втрати, рівними 1 кВт. Порівняйте з витратою електроенергії при зменшенні потужності нагрівача до 4 кВт, вважаючи потужність теплових втрат незмінною. Теплоємність води 1 ккал / кг. град, співвідношення 1 ккал = 1/860 кВт.ч. Зробіть висновки.

Відповідь : 12 кВт. год і 14 кВт.ч, зниження потужності пристрою не завжди призводить до зниження витрати електроенергії.

14. Оцініть ефективність «енергозберігаючого» пристрою для нагрівання рідини. Пристрій складається з відцентрового насоса з приводним асинхронним електродвигуном і замкнутого контуру для руху рідини. Замкнутий контур виконаний зі змінним гідравлічним опором. У ньому відбувається поперемінне прискорення і гальмування руху рідини, в результаті якого рідина нагрівається. В якості робочої рідини використовується вода. Витрата води при нагріванні води в замкнутому контурі становить 0,45 м³ / с, напір - 6,0 м. Витрата води при подачі води споживачам - 0055 м³ / с, напір - 6м. Визначте:

- потужність електродвигуна насоса пристрої для нагріву рідини при роботі насоса на замкнутий контур,

- потужність на валу електродвигуна для перекачування гарячої води споживачам,
- сумарну номінальну потужність електродвигуна,
- виберіть електродвигун, вважаючи номінальну частоту обертання насоса 1440 ... 1500 об/хв.

Відповідь: 33кВт, 4кВт, 37кВт, 4А200М4У3 (37кВт, ККД 91%).

15. Визначте ефективність «енергозберігаючого» пристрою по завданню 14:

- втрати потужності в двигуні при номінальній його завантаженні,
- втрати в насосі при максимальному ККД, що дорівнює 80%,
- корисну потужність, що йде безпосередньо на нагрівання,
- повну корисну потужність установки, затрачену безпосередньо на нагрів і перекачування,
- повну споживану потужність,
- ККД такого перетворення потужності.

Відповідь: 3,66 кВт, 7,4 кВт, 25,6 кВт, 29,6 кВт, 40,66 кВт, 72,8%.

16. Визначте ефективність установки для нагріву води по завданню 14 з нагрівальним пристроєм у вигляді Тена, встановленого в спеціальному теплоізолюваному баку з водою І з насосом, використовуваним тільки для перекачування води з приводним двигуном 4А100 L 4У3 (4кВт, ККД 84%).

Визначте:

- втрати потужності в двигуні при номінальній його завантаженні,
- втрати в насосі при максимальному ККД, що дорівнює 80%,
- корисну потужність, що йде на нагрів і перекачування води,
- повну споживану потужність установки, затрачену безпосередньо на нагрів і перекачування,
- ККД такого перетворення потужності.
- Зробіть висновок про «ефективність» розглянутого пристрою.

Відповідь: . 0,76 кВт, 0,8 кВт, 28,8 кВт, 30,66 кВт, 94,9% ККД пристрою на 22,1% нижче, ніж при нагріванні звичайним ТЕНом.

Контрольні питання:

1. Розкажіть про перспективи розвитку гідроенергетики в країні.
2. Поясніть принцип дії активної гідротурбіни.
3. Поясніть принцип дії і пристрій реактивної гідротурбіни.
4. Що таке кавітація?
5. До яких негативних наслідків може призвести будівництво великих гідроелектростанцій? Чому їх, проте, будують?
6. Що собою являє дериваційна електростанція? У чому її переваги?

Лабораторно-практичне заняття № 5. Оцінка економічної ефективності інвестиційного проекту

Навчальна мета: Засвоєння методики оцінки економічної ефективності інвестиційного проекту

Програма роботи

1. Розглянути теоретичний матеріал
2. Провести розрахунок капітальних вкладень
3. Розрахунок калькуляції собівартості теплової енергії
4. Розрахунок економічної ефективності капітальних вкладень
5. Зробити висновки

Методика проведення

Перед початком заняття викладач на протязі 10-15 хвилин проводить опитування студентів за темою практичного заняття. Потім студенти розглядають теоретичний матеріал та індивідуально виконують практичні розрахунки.

Основні теоретичні положення

"Оцінка економічної ефективності інвестиційного проекту".

В якості об'єкта дослідження розглядається котельня металургійного підприємства, яка призначена для забезпечення всіх будівель на території підприємства теплом, гарячою водою, а також парою на технологічні потреби. Все обладнання котельної морально і фізично застаріло. З метою підвищення ефективності роботи котельні були розроблені технічні заходи, які покладені в основу реконструкції котельні.

У практичній роботі необхідно розрахувати суму інвестицій для реалізації проекту, собівартість 1 ГДж теплоти після реконструкції котельні, оцінити ефективність інвестиційного проекту. Техніко-економічні показники роботи котельні до і після реконструкції бажано представити у вигляді таблиці.

Номер варіанта відповідає двом останнім цифрам номера залікової книжки студента (Додаток 1 (перша цифра), Додаток 2 (друга цифра)). Калькуляція собівартості 1 ГДж теплоти до реконструкції наведена у Додатку 3 і однакова для усіх варіантів.

Розрахунок капітальних вкладень

Вихідні дані для розрахунку капітальних вкладень представлені у Додатку 1.

Капітальні витрати на нове обладнання і його монтаж визначаються за формулою

$$KB = C_{обл} + C_{тр} + C_{монт} , \quad (1)$$

де $C_{обл}$ – вартість основного та допоміжного обладнання;

$C_{тр}$ – витрати на транспортування обладнання;
 $C_{монт}$ – витрати на будівельно-монтажні роботи.

Витрати на транспортування обладнання визначаються за формулою

$$C_{тр} = 0,05 \cdot C_{обл}. \quad (2)$$

Витрати на будівельно-монтажні роботи визначаються за формулою

$$C_{монт} = 0,15 \cdot C_{обл}. \quad (3)$$

Розрахунок калькуляції собівартості теплової енергії

Калькуляція собівартості 1 ГДж теплоти, що відпускається споживачам, до реконструкції котельні представлена в Додатку 3 (однакова для усіх варіантів). Річний відпуск тепла до реконструкції склав 865442,2 ГДж/рік; річна витрата палива – 18538,800 тис. м³/рік; річна витрата електроенергії – 2195,000 тис. кВт·год./рік; річна витрата води – 356,821 тис. м³/рік.

Вихідні дані для розрахунку калькуляції собівартості 1 ГДж теплоти після реконструкції наведені у Додатку 2. Фонд заробітної плати (ФЗП) персоналу котельної 415412,3 грн./рік не змінився, оскільки не було потреби в додатковій кількості обслуговуючого персоналу (для усіх варіантів значення однакове).

Статті витрат калькуляції собівартості 1 ГДж теплоти, що відпускається споживачам після реалізації проекту (реконструкції), необхідно розрахувати та представити в таблиці 2.1.

Таблиця 1

Калькуляція собівартості 1 ГДж теплоти після реалізації проекту реконструкції

Статті витрат	Кількість	Ціна, грн.	Сума, грн.
1. Паливо			
Газ природний, 1000 м ³			
2. Витрати на переробку			
2.1. Енерговитрати:			
електроенергія, 1000 кВт·год.			
вода хімічищена, 1000 м ³			
Разом енерговитрат			
2.2. Заробітна плата основних виробничих робітників			
2.3. Нарахування на заробітну плату			
2.4. Амортизація основних засобів			
2.5. Поточний ремонт і утримання основних засобів			
2.6. Інші витрати цеху (3% від всіх витрат)			
Разом витрат (цехова собівартість 1 ГДж теплової енергії)			
3. Загальнозаводські витрати (ОЗР) (5% від усіх витрат)			
Виробнича собівартість 1 ГДж теплової енергії			

Розрахунок економічної ефективності капітальних вкладень

В умовах ринкових відносин при економічному обґрунтуванні інвестиційних проектів, до яких і відноситься реконструкція котельні, використовують методики повернення капіталу, що інвестується, на основі показника грошового потоку з урахуванням чинника часу.

Грошовий потік розраховується як сума чистого річного прибутку (балансовий прибуток за вирахуванням податку на прибуток), отриманого від експлуатації інвестиційних проектів, до яких і відноситься реконструкція котельні, і річних амортизаційних відрахувань, за винятком позикових засобів, якщо вони притягувалися при реалізації проекту.

Оскільки котельня реконструювалася за рахунок власних фінансових ресурсів (для усіх варіантів), то грошовий потік визначається за формулою

$$ГП = П_{ч} + АМ_{р}, \quad (4)$$

де ГП – грошовий потік від впровадження проекту в будівництво котельні;

$П_{ч}$ – чистий річний прибуток;

$АМ_{р}$ – річні амортизаційні відрахування.

Балансовий прибуток від реалізації проекту розраховується за формулою

$$\Delta П = (C - C') \cdot Q_{відн}, \quad (5)$$

де C та C' – собівартості 1 ГДж теплоти, що виробляється, до і після реалізації проекту, грн./ГДж.

Чистий прибуток від реалізації проекту розраховується за формулою

$$П_{ч} = \Delta П - 25\% \Delta П. \quad (6)$$

Величина річних амортизаційних відрахувань розраховується за формулою

$$АМ_{рi} = ОФ_i \cdot Н_A, \quad (7)$$

де $ОФ_i$ – балансова вартість котельні в i -тому році, для першого року $ОФ_1 = KB$;

$Н_A$ – норма амортизації, $Н_A = 24\%$.

Оскільки експлуатацію котельні передбачено здійснювати протягом не менш ніж 5 років, то оцінку ефективності цього інвестиційного проекту необхідно проводити з використанням методу чистої теперішньої вартості (метод NPV).

Для цього всі грошові потоки за час експлуатації котельні приводимо до теперішнього часу за допомогою ставки дисконту і визначаємо критерій NPV за формулою

$$NPV = -I + \sum_{i=1}^5 \frac{ГП_i}{(1+r)^i}, \quad (8)$$

де I – сума інвестицій по проекту, I = KB;

ГП_i – очікуваний грошовий потік в i-тому році експлуатації котельні;

r – ставка дисконту, тобто норма прибутку річного доходу інвестора, який він розраховує отримати;

i – кількість років в розрахунковому періоді.

Вихідні дані для ставки дисконту (r) та кількості років в розрахунковому періоді (i) наведені у Додатку 1.

При розрахунку грошових потоків в подальші роки після першого, ціну тепла приймаємо постійною, а собівартість змінюємо за рахунок зменшення амортизаційних відрахувань. Річні амортизаційні відрахування щорічно змінюються за рахунок зносу устаткування котельні і відповідно до чинного законодавства нараховуються від залишкової вартості основних фондів. Ці зміни враховуємо за допомогою формули

$$ОФ_i = ОФ_{i-1} - АМ_{p\ i-1}, \quad (9)$$

де ОФ_i – балансова вартість котельні в i-тому році;

АМ_{p i} – амортизаційні відрахування в i-тому році.

Таким чином, для кожного року розраховуємо амортизаційні відрахування, собівартість тепла, що виробляється котельнею, і щорічні грошові потоки.

Розрахунок амортизаційних відрахувань методом залишкової вартості необхідно представити відповідно до схеми, наведеної у таблиці 2.2 (наприклад, для варіанта, якщо кількість років в розрахунковому періоді i = 5).

Таблиця 2

Розрахунок амортизаційних відрахувань методом залишкової вартості					
Показники	Роки				
	1 рік	2 рік	3 рік	4 рік	5 рік
Балансова вартість основних фондів, грн.					
Норма амортизації, (III група 24%)					
Амортизаційні відрахування, грн.					
Залишкова вартість основних фондів, грн.					

Використовуючи формулу (2.10), розрахувати витрати за статтею "Амортизація основних засобів" у 2-му, 3-му, 4-му, 5-му роках

$$З'_{AM} = З_{AM} + \frac{ОФ_i \times H_A}{Q_{відн}}, \quad (10)$$

де З_{AM} – витрати по статті "Амортизація основних засобів" до реконструкції котельні (Додаток 3);

ОФ_i – балансова вартість котельні в i-тому році;

H_A – середня норма амортизаційних відрахувань основних фондів, долі од., для даного виду устаткування
H_A = 0,24;

Q_{відн} – річний відпуск теплоти споживачам після реалізації проекту (реконструкції), ГДж/рік.

Відповідно, зміниться балансовий прибуток, чистий прибуток і грошовий потік у 1-му, 2-му, 3-му, 4-му, 5-му роках, які знаходяться за допомогою формул (2.4), (2.5), (2.6).

Результати розрахунків за прогнозований термін експлуатації котельні необхідно представити в таблиці 2.3 (наприклад, для варіанта, якщо кількість років в розрахунковому періоді i = 5).

Таблиця 3

Прогноз грошових потоків					
Найменування показника	Рік				
	1	2	3	4	5
Балансовий прибуток, грн.					
Чистий прибуток, грн.					
Амортизаційні відрахування, грн.					
Залишкова вартість основних фондів, грн.					
Грошовий потік, грн.					

Далі необхідно розрахувати критерій NPV за формулою (8).

На підставі позитивного значення NPV, можна вважати реконструкцію котельні за доцільну і економічно ефективну. Якщо значення NPV негативне, то даний проект не приймається. В цьому випадку треба надати рекомендації щодо зміни показників за проектом.

Розрахунок дисконтованого періоду окупності (DPB) доцільно робити у вигляді таблиці 4.

Таблиця 4

Розрахунок дисконтованого періоду окупності капіталовкладень

Роки	0	1	2	3	4	5
Чистий грошовий потік (ЧГП), грн.						
Дисконтований чистий грошовий потік (ЧГП), грн.						
Накоплений дисконтований чистий грошовий потік (ЧГП), грн.						

На останньому етапі виконання контрольної роботи необхідно розрахувати техніко-економічні показники роботи котельні до і після реконструкції та представити їх в таблиці 5.

Таблиця 5

Техніко-економічні показники роботи котельні до і після реконструкції

Показники	Од. вимір.	Варіанти		Відхилення ($\pm$)	
		базовий	проектний	абс.	відн., %
Річний відпуск теплової енергії споживачам	ГДж				
Річна витрата природного газу	тис. м ³				
Річна витрата електроенергії	тис. кВт·год.				
Річна витрата води	тис. м ³				
Собівартість 1 ГДж відпущеної теплоти	грн.				
Капітальні вкладення за проектом	грн.				
Чиста теперішня вартість (NPV)	грн.				
Строк окупності капітальних вкладень	роки				

За результатами виконаних розрахунків необхідно зробити висновки про доцільність реконструкції котельні.

Додаток 1

Вихідні дані для виконання контрольної роботи

№ вар.	Вартість основного та допоміжного обладнання (C _{обл.}), грн.	Ставка дисконту (r), %	Кількість років (i)
0	3125191,4	18	5
1	3124540,1	20	4
2	3126243,6	22	5
3	3125250,7	18	4
4	3124870,9	20	5
5	3125455,2	22	4
6	3124986,1	18	5
7	3125783,5	20	4
8	3125050,8	22	5
9	3126124,2	18	4

Додаток 2

Вихідні дані для виконання контрольної роботи

№ вар.	Річна витрата палива, тис. м ³	Річна витрата електроенергії, тис. кВт·год.	Річна витрата води, тис. м ³	Річний відпуск тепла, ГДж
0	17989,3	1899	360,1	916242,9
1	17988,4	1897	359,4	916255,9
2	17986,7	1910	358,5	916240,3
3	17987,1	1900	354,7	916211,1
4	17990,8	1896	359,2	916233,9
5	17981,7	1905	358,9	916252,4
6	17984,9	1907	359,8	916248,5
7	17982,1	1915	357,9	916241,6
8	17983,2	1886	358,7	916250,7
9	17980,3	1890	357,6	916252,1

Калькуляція собівартості 1 ГДж теплоти до реконструкції котельні

Статті витрат	Кількість	Ціна, грн.	Сума, грн.
1. Паливо			
Газ природний, 1000 м ³	0,02142	2132,0	45,67
2. Витрати на переробку			
2.1. Енерговитрати:			
електроенергія, 1000 кВт• год.	0,00253	430,0	1,09
вода хімічищена, 1000 м ³	0,000413	7417,0	3,06
Разом енерговитрат			4,15
2.2. Заробітна плата основних виробничих робітників			0,48
2.3. Нарахування на заробітну плату			0,18
2.4. Амортизація основних засобів			48,57
2.5. Поточний ремонт і утримання основних засобів			20,25
2.6. Інші витрати цеху (3% від всіх витрат)			3,58
Разом витрат (цехова собівартість 1 ГДж теплової енергії)			122,88
3. Загальнозаводські витрати (ОЗР) (5% від всіх витрат)			6,14
Виробнича собівартість 1 ГДж теплової енергії			129,02

Річний відпуск тепла до реконструкції склав 865442,2 ГДж/рік; річна витрата палива – 18538,800 тис. м³/рік; річна витрата електроенергії – 2195,000 тис. кВт•год./рік; річна витрата води – 356,821 тис. м³/рік.

Контрольні питання:

1. Як визначаються інвестиції згідно з Законом України "Про інвестиційну діяльність"?
2. Яка основна мета інвестиційної діяльності підприємства?
3. Коротко охарактеризуйте видовий склад інвестицій за окремими ознаками.
4. Що таке виробничі інвестиції (капітальні вкладення)?
5. Які можуть бути джерела фінансування інвестицій?
6. Як визначається майбутня (очікувана) вартість грошей?
7. Як визначається теперішня вартість певної майбутньої суми грошей?
8. Охарактеризуйте абсолютну (загальну) економічну ефективність капітальних вкладень.
9. Охарактеризуйте порівняльну економічну ефективність капітальних вкладень.
10. Охарактеризуйте найважливіші показники оцінки економічної ефективності виробничих інвестицій з урахуванням чинника часу.

Лабораторно-практичне заняття № 6. Розрахунок заходів підвищення енергоефективності

Навчальна мета: Засвоєння методики розрахунку заходів підвищення енергоефективності

Програма роботи

1. Розглянути теоретичний матеріал
2. Вирішення практичних завдань

Методика проведення

Перед початком заняття викладач на протязі 10-15 хвилин проводить опитування студентів за темою практичного заняття. Потім студенти розглядають теоретичний матеріал та виконують практичні розрахунки.

Розрахунок заходів підвищення енергоефективності**1. Розрахунок підвищення енергоефективності в системах освітлення.**

Штучне освітлення приміщень може бути забезпечене люмінесцентними лампами і лампами розжарювання з відповідною арматурою, що дає розсіяне світло.

На даному об'єкті встановлено m ламп розжарювання потужністю 100 Вт кожна та n старих люмінесцентних ламп потужністю 80 Вт. Лампи цього типу мають обмежений строк служби, є найбільш неенергоефективними.

В системі освітлення треба провести заміну люмінесцентних ламп потужністю 80 Вт на енергозберігаючі люмінесцентні лампи потужністю 20 Вт, лампи розжарювання потужністю 100 Вт на енергозберігаючі люмінесцентні лампи потужністю 30 Вт.

Компактні люмінесцентні лампи мають ряд переваг:

- менше споживання потужності до 80% при тій же кількості світла,
- в 8 разів більший строк служби у порівнянні з лампами розжарювання (приблизно 10000 годин),
- низькі затрати на обслуговування,
- світло ідентичне світлу лампи розжарювання.

Річне споживання електроенергії люмінесцентними лампами та лампами розжарювання знаходимо за формулою:

$$W = n \cdot P \cdot t, \quad (6.1)$$

де n - кількість ламп, шт.;

P - потужність однієї лампи, кВт;

t - час роботи лампи за рік, год.

Економія в грошовому еквіваленті:

$$\Delta E = (W_p - W_n) \cdot b, \quad (6.2)$$

де b - ціна за 1 кВт·год електроенергії, грн./кВт·год.

Капітальні витрати:

$$K = n \cdot C, \quad (6.3)$$

де C – ціна лампи.

Простий термін окупності:

$$T = \frac{\sum K}{\sum \Delta E}, \text{ років} \quad (6.4)$$

2 Вибір електроприводу насоса. Розробка заходів енергозбереження в електроприводі.

При нерівномірному навантаженні устаткування вибирають потужність двигуна, близьку до максимального розрахункового навантаження. Це найбільш поширене в практиці рішення по вибору електродвигунів, яке забезпечує економне використання електроенергії.

Проте в тих випадках, коли пік навантаження перевищує приблизно в 2 рази її величину в період мінімуму, доцільно застосувати спеціальні прийоми зниження втрат електроенергії. Одним з таких прийомів є перемикання обмоток асинхронного електродвигуна з „трикутника” на „зірку” в періоди його недовантаження, тоді втрати електроенергії зменшуються приблизно в 1,5 рази. Це пояснюється тим що при перемиканні обмоток двигуна з „трикутника” на „зірку” напруга кожній фазі знижується в 1,73 рази, відповідно знижуються реактивне навантаження (підвищення $\cos \varphi$) і втрати активної потужності. Проте для виконання таких перемикань необхідно, щоб обмотки асинхронних двигунів були розраховані на лінійну напругу (380 В). Для перемикання рекомендується використовувати автоматичні пристрої.

Деякі види устаткування працюють із значними періодами холостого ходу. Втрати електроенергії на холостий хід іноді досягають 15...20 % загальної її кількості, що витрачається. Для усунення таких втрат треба своєчасно відключати електроживлення.

В тих випадках, коли машини працюють з частими періодами холостого ходу, що перевищують 10 з між окремими робочими операціями, доцільно застосовувати автоматичні обмежувачі холостого ходу. Вони є автоматичними вимикачами, які відключають устаткування протягом 10 хв, якщо його завантаження відповідає режиму холостого ходу. Такі обмежувачі дозволяють не тільки заощадити електроенергію, але і усунути аварійні ситуації у разі неуважності і недисциплінованості робітників, обслуговуючих устаткування.

Контрольні питання:

1. Як визначаються інвестиції згідно з Законом України "Про інвестиційну діяльність"?
2. Яка основна мета інвестиційної діяльності підприємства?
3. Коротко охарактеризуйте видовий склад інвестицій за окремими ознаками.
4. Що таке виробничі інвестиції (капітальні вкладення)?
5. Які можуть бути джерела фінансування інвестицій?
6. Як визначається майбутня (очікувана) вартість грошей?

Лабораторно-практичне заняття № 7. Визначення та розрахунок витрат і втрат енергії у вентиляційних

Мета заняття: Набуття практичних навичок з визначення і розрахунку витрат і втрат енергії у вентиляційних установках.

Завдання на Лабораторно-практичне заняття

Кожному студентові або групі студентів у кількості трьох осіб необхідно:

- визначити та підрахувати втрати (витрати) енергії у вентиляційній установці;
- проаналізувати отримані результати з точки зору ощадного використання електричної енергії вентиляторною установкою;
- запропонувати заходи щодо підвищення ефективності використання енергії вентиляторною установкою, повітряною мережею.

Вихідні дані для розрахунків

Вихідними даними є технічні параметри установки, режими експлуатації, фізичний стан обладнання, способи регулювання тощо.

Витрати та втрати енергії

Витрати електричної енергії на привод вентиляторів визначається за встановленою потужністю привідних електродвигунів:

$$E_{\text{вент}} = \sum_1^n K_{\text{в}} \cdot P_{\text{н}} \cdot t, \quad (7.1)$$

де $K_{\text{в}} = 0,6 - 0,8$ – коефіцієнт використання вентиляторів;

$P_{\text{н}}$ – номінальна потужність електродвигуна, кВт;

n – кількість вентиляційних установок, шт.;

t – тривалість роботи за розрахунковий період, год.

Через використання вентиляторів старих типів, які мають низький ККД (50 – 63 відсотки), втрати електроенергії становлять 20 – 30 відсотків.

Економію електричної енергії від заміни вентилятора застарілої конструкції новим, з більш високим ККД, визначають за формулою

$$\Delta E = \frac{Q \cdot H \cdot (\eta_2 - \eta_1) \cdot t}{102 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_o \cdot \eta_c}, \quad (7.2)$$

де Q – подача вентилятора, м³/с;

H – напір вентилятора, мм вод. ст.;

η_1, η_2 – ККД вентилятора відповідно старого і нового типів;

$\eta_o, \eta_c = 0,52 - 0,7$ – ККД привідного електродвигуна і повітряної мережі.

Витрати електричної енергії внаслідок відсутності автоматичного:

– управління вентилятором теплових завіс разом з механізмами відкриття воріт становлять до 20 відсотків (у момент відкриття воріт – тепла завіса автоматично вмикається, а при закритті – вимикається);

– блокування індивідуальних витяжних систем з робочими механізмами становлять 25 – 30 відсотків.

Встановлення на теплових завісах швидкісних електродвигунів може знизити витрати електроенергії на 15 відсотків.

Запровадження економічних способів регулювання вентиляційних систем з використанням швидкісних електродвигунів, стаціонарних перетворювачів частоти і таке інше, замість дроселювання засувками призводить до економії електроенергії у межах 10 – 30 відсотків.

Більш точно економію електроенергії можна обчислити за формулою

$$\Delta E = \frac{Q_2 \cdot h_2 \cdot \eta_2 - Q_1 \cdot h_1 \cdot \eta_1}{102 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_o \cdot \eta_m \cdot \eta_{np}}, \quad (7.3)$$

де Q_1, Q_2 – подача вентилятора до і після регулювання, м³/с;

h_1, h_2 – напір до і після регулювання, мм вод. ст.;

η_1, η_2 – ККД вентилятора старого типу і нового;

$\eta_o, \eta_m, \eta_{np}$ – ККД відповідно електродвигуна, мережі, передачі.

Невідключення вентиляційних установок в обідню перерву, перезміни і тощо призводить до втрат електроенергії приблизно 20 відсотків і більше залежно від тривалості перерви.

Контрольні питання:

1. Головне призначення вентиляції.
2. У чому полягають проблеми вентиляції сучасних будівель?
3. Класифікація системи вентиляції.
4. Устаткування систем вентиляції.
5. Яку роль відіграють вікна в системах вентиляції приміщень?
6. Що таке природна вентиляція повітря, за яких умов вона працює?
7. Що Ви розумієте під робочими характеристиками вентилятора?
8. Види втрат енергії в системах вентиляції, вентиляційних установках.
9. Які Ви знаєте способи регулювання вентиляційних установок? Їх недоліки і переваги.
10. Можливості енергозбереження у вентиляційних установках і системах вентиляції.

Лабораторно-практичне заняття № 8. Вивчення методу оцінки технічних систем за допомогою кругової діаграми якості

Тема: вивчення методу оцінки технічних систем за допомогою кругової діаграми якості

Навчальна мета: закріплення лекційного і навчального матеріалу, який стосується методів оцінки технічних систем.

Програма роботи

- 1) розгляд теоретичного матеріалу
- 2) виконання практичних розрахунків

Методика проведення

Користуючись таблицею вихідних даних свого варіанта, скласти таблицю параметрів порівнюваних технічних систем і за необхідності перевести вимірювані параметри у бали за допомогою графіків, що пов'язують вимірювані параметри з балами.

Побудувати кругову діаграму оцінки якості технічних систем.

Основні теоретичні положення

Сутність методу оцінки технічних систем за допомогою кругової діаграми якості

Під якістю технічної системи розуміють сукупність властивостей її як продукції промислового виробництва, які відповідають певним потребам відповідно до призначення даної технічної системи. Якість технічної системи визначається при одночасному розгляді і оцінці технічних, експлуатаційних, конструкторсько-технологічних параметрів, норм надійності та довговічності, художньо-естетичних властивостей і економічних показників (вартості виробництва і експлуатації).

Властивості, що визначають якість технічної системи, можуть бути абсолютними, відносними або питомими. Показники якості технічної системи встановлюються об'єктивними методами, експертним шляхом і інш. Показник якості технічної системи, що характеризує одну її властивість, називається одиничним, - дві і більше властивостей - узагальнюючим, або комплексним. Відносна характеристика якості продукції, що ґрунтується на порівнянні її з відповідною сукупністю базових показників, називається рівнем якості технічної системи як промислової продукції.

Кількісна оцінка якості технічної системи – це визначення числових значень показників якості як промислової продукції для кращої обґрунтованості вибору даної системи, а не інший аналогічного призначення.

Науковий напрямок, що об'єднує кількісні методи оцінки якості продукції (у тому числі і технічних систем), називається кваліметрією (від латинського *qualis* - який за якістю, і грецького *metro* - вимірюю). Основні завдання кваліметрії: обґрунтування номенклатури показників якості, розроблення методів їх оптимізації, оптимізація типорозмірів і параметричних рядів виробів промисловості, розроблення принципів побудови узагальнених показників якості та обґрунтування умов їх використання в задачах стандартизації та управління якістю продукції. Кваліметрія використовує різні математичні методи: лінійне, нелінійне і динамічне програмування, теорію масового обслуговування і т.п.

Одним з наочних методів оцінки якості технічних систем є оцінка за допомогою кругової діаграми якості (див. рис. 1). Метод полягає в побудові кругової діаграми оцінки порівнюваних параметрів. По периметру рівномірно розташовані кілька радіальних шкал, що оцінюють той чи інший параметр технічної системи. Значення параметра, розташовані за шкалою ближче до центру, кращі за тих, які розташовані ближче до зовнішнього контуру. Кращим варіантом технічної системи вважається той, для якого площа фігури, обмеженої відрізками прямих, що з'єднують значення параметрів однієї технічної системи на суміжних шкалах діаграми, виявиться ближче до площі внутрішнього кола діаграми. Діаграма, показана на рисунку, ілюструє порівняльну оцінку ручного зварювального апарата і автоматичного в захисному середовищі інертного газу.

При побудові кругової діаграми якості необхідно оцінювані показники технічних систем розділити на дві групи. До однієї групи відносять показники, які піддаються кількісному вимірюванню. В даному випадку це енергоємність, що змінюється від 100 до 140 кал/мм зварного шва; швидкість зварювання, що змінюється від 2,5 до 12,5 мм/с; вартість зварювального апарату, що змінюється від 6 до 1 тис. доларів; вага зварювальної головки, що змінюється від 10 до 50 Н. До іншої групи відносять параметри, які оцінюють фахівці-експерти в балах, наприклад, за п'ятибальною шкалою (табл. 1)

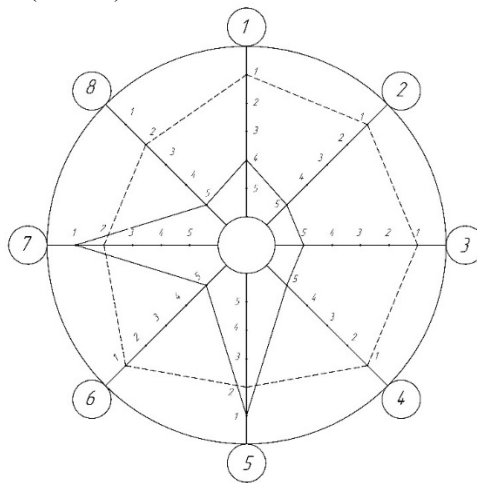


Рисунок 1 – Кругова діаграма зварювальних апаратів:

———— апарат автоматичного зварювання (А);
----- апарат ручного зварювання (Р).

Цифрами позначені:

1 - енергоємність; 2 - якість зварного шва; 3 - швидкість зварювання; 4 - дотримання параметрів шва;
5 - вартість зварювального апарата; 6 - форма смуги після зварювання; 7 - вага зварювального апарата;
8 - фізичне навантаження зварника.

Таблиця 1 – Параметри зварювальних апаратів

Параметр, що вимірюється	Бал				
	1	2	3	4	5
Енергоємність зварного шва, кал/мм	140	130	120	110	100
Швидкість зварювання, мм/с	2,5	5,0	7,5	10	12,5
Вартість зварювального апарата, тис. дол.	6,0	5,0	4,0	3,0	2,0
Вага зварювальної головки, Н	50	40	30	20	10

Користуючись таблицею 2.9, будують чотири графіки в координатах "бали-параметр" (рис. 2.2 – 2.5).

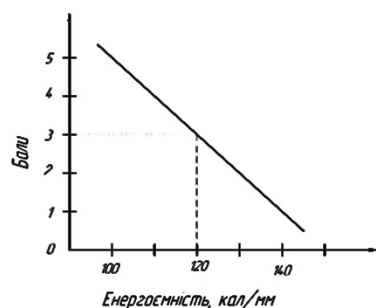


Рисунок 2.2

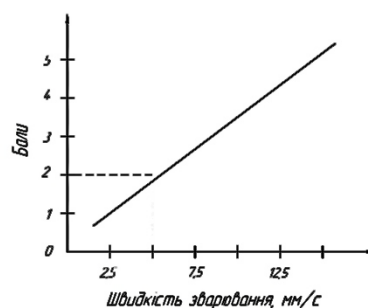


Рисунок 2.3

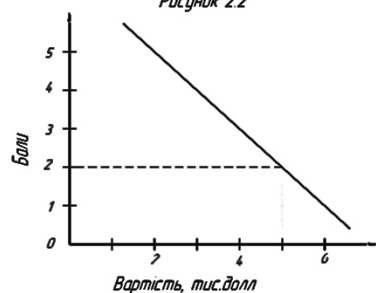


Рисунок 2.4

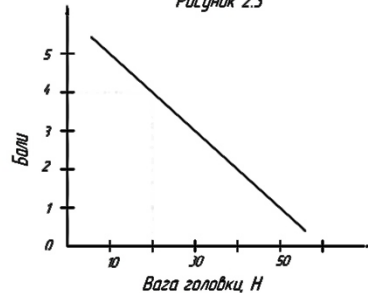


Рисунок 2.5

За графіками здійснюють переведення заданих значень параметрів у бали.

Наприклад: нехай задані: енергоємність - 120 кал/мм, швидкість зварювання - 5 мм/с, вартість зварювального апарата - 5 тис. дол, вага зварювальної головки - 20 Н. Тоді відповідні бали будуть: 3, 2, 2 і 4. Оцінка якості технічної системи може здійснюватися з урахуванням «вагомості» параметрів. Наприклад, в одному випадку найбільш вагомим параметром буде вартість, а в іншому - енергоємність. Тому доцільно кожному параметру надати певну «вагу» при оцінці якості.

Для цього на початку ранжирують параметри за їх пріоритетам (важливістю) для конкретних умов, тобто присвоюють місця в ряду. Наприклад: 1-ше місце – енергоємність; 2-ге - вартість, 3-тє - вага голівки; 4-те - швидкість зварювання; 5-те - дотримання параметрів шва; 6-те - якість зварного шва; 7-ме - фізичне навантаження зварника; 8-ме - форма смуги після зварювання.

Нехай фахівці-експерти встановили на основі свого досвіду такі важливі параметрів: $g_1=0,25$; $g_2=0,20$; $g_3=0,15$; $g_4=0,12$; $g_5=0,10$; $g_6=0,08$; $g_7=0,06$; $g_8=0,04$.

Повинне дотримуватися правило нормування, тобто

$$\sum_{i=1}^n g_i = 1,0. \quad (8.4)$$

Користуючись балами експертів і балами таблиці, можна знайти суму балів апаратів ручної Р і автоматичного зварювання

$$\sum_{i=1}^n r_i = 1 + 1 + 1,5 + 1 + 2 + 1 + 2 + 1,5 = 11,$$

$$\sum_{i=1}^n a_i = 4 + 5 + 5 + 5 + 1 + 4,5 + 1,5 + 5 = 31$$

де $n=8$ – загальна кількість параметрів;

$i = 1, 2, \dots, 8$;

r_i і a_i – значення балів відповідно апаратів Р і А рівні;

$$r_i = \frac{\sum_{i=1}^n r_i}{n} = \frac{11}{8} = 1,38 \text{ и } a_i = \frac{\sum_{i=1}^n r_i}{n} = \frac{31}{8} = 3,87.$$

Аналогічно обчислюються значення узагальнених оцінок за формулами таблиці 2.

Таблиця 2

Вид узагальненої оцінки	Формула	Зварювальний апарат	
		ручний	автомат
1. Абсолютне середнє арифметичне	$\overline{p}_1 = \sum_{i=1}^n \frac{p_i}{n}$	$\overline{r}_1 = 1,38$	$\overline{a}_1 = 3,87$
2. Відносне середнє арифметичне	$\overline{p}_2 = \frac{p_1}{p_{\max}}$	$\overline{r}_2 = 0,28$	$\overline{a}_2 = 0,77$
3. Зважене абсолютне середнє арифметичне	$\overline{p}_3 = \frac{\sum_{i=1}^n p_i g_i}{\sum_{i=1}^n g_i}$	$\overline{r}_3 = 1,44$	$\overline{a}_3 = 3,59$
4. Зважене відносне середнє арифметичне	$\overline{p}_4 = \frac{\overline{p}_3}{p_{\max}}$	$\overline{r}_4 = 0,29$	$\overline{a}_4 = 0,72$
5. Абсолютне середнє геометричне	$\overline{p}_5 = \sqrt[p_1 \cdot p_2 \cdot \dots \cdot p_n]$	$\overline{r}_5 = 1,32$	$\overline{a}_5 = 4,5$
6. Відносне середнє геометричне	$\overline{p}_6 = \frac{\overline{p}_5}{p_{\max}}$	$\overline{r}_6 = 0,26$	$\overline{a}_6 = 0,9$
7. Зважене абсолютне середнє геометричне	$\overline{p}_7 = \frac{\sqrt[p_1 \cdot g_1 \cdot \dots \cdot p_n \cdot g_n]}{\sqrt{g_1 \cdot g_2 \cdot \dots \cdot g_n}}$	$\overline{r}_7 = 1,32$	$\overline{a}_7 = 4,5$
8. Зважене відносне середнє геометричне	$\overline{p}_8 = \frac{\overline{p}_7}{p_{\max}}$	$\overline{r}_8 = 0,26$	$\overline{a}_8 = 0,9$
9. Абсолютний вектор	$\overline{p}_9 = \sqrt{p_1^2 + p_2^2 + \dots + p_n^2}$	$\overline{r}_9 = 4,06$	$\overline{a}_9 = 11,8$
10. Відносний вектор	$\overline{p}_{10} = \frac{\overline{p}_9}{p_{\max}}$	$\overline{r}_{10} = 0,81$	$\overline{a}_{10} = 2,37$
11. Зважений абсолютний вектор	$\overline{p}_{11} = \sqrt{(p_1 \cdot g_1)^2 + \dots + (p_n \cdot g_n)^2}$	$\overline{r}_{11} = 0,61$	$\overline{a}_{11} = 1,44$
12. Зважений відносний вектор	$\overline{p}_{12} = \frac{\overline{p}_{11}}{p_{\max}}$	$\overline{r}_{12} = 0,12$	$\overline{a}_{12} = 0,29$

Позначення: $p_1, \dots, p_n$ – бальні оцінки критеріїв $1, \dots, n$;

$p_{\max}$ – бальна оцінка ідеального варіанта;

$g_1, \dots, g_n$ – значення (ваги) критеріїв оцінки;

p – узагальнена оцінка;

n – кількість критеріїв оцінки;

$\sum_{i=1}^n p_i$ – сума балів оцінок від p_1 до p_n .

Порівнюючи отримані значення узагальнених оцінок, можна стверджувати, що апарат для автоматичного зварювання (А) оцінюється вище, ніж апарат ручного зварювання (Р). Аналіз кругової діаграми показує, що лише за двома параметрами (вартості та ваги зварювальної головки) апарат автоматичного зварювання поступається апарату ручного зварювання, а за рештою шести параметрами значно перевищує параметри апарата ручного зварювання.

Контрольні питання:

1. Як визначаються інвестиції згідно з Законом України "Про інвестиційну діяльність"?
2. Яка основна мета інвестиційної діяльності підприємства?
3. Коротко охарактеризуйте видовий склад інвестицій за окремими ознаками.
4. Що таке виробничі інвестиції (капітальні вкладення)?
5. Які можуть бути джерела фінансування інвестицій?

Барсукова Ганна Володимирівна

ЕНЕРГЕТИЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ОСНОВИ В ЗБЕРЕЖЕННІ ТА ВИКОРИСТАННІ ПОНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

методичні вказівки до виконання лабораторно-практичних занять

для студентів магістрів
інженерно-технологічного факультету
зі спеціальності: «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
денної та заочної форм навчання

Сумський НАУ, вул. Г. Кондратьєва 160

Підписано до друку 2021 р. Тираж 1 прим. Гарнитура. Times New Roman.
Умовн. Друк. арк. 2,0 замовл.
