

## Лекція №5

### Використання вторинних енергетичних ресурсів

#### Зміст

---

1. Загальні відомості .....	1
2. Використання теплоти високотемпературних ТВЕР (когенерація) .....	3
3. Використання теплоти низькотемпературних ТВЕР у сільському господарстві .....	6

#### 1. Загальні відомості

---

Енергетичні ресурси поділяють па первинні і вторинні.

**Первинні (природні) ресурси** утворюються в результаті геологічного розвитку Землі. До поновлюваних відносять енергетичні ресурси, запаси яких не зникають при їхньому використанні (промениста енергія Сонця, енергія вітру, припливів та ін.).

**Вторинні енергетичні ресурси (ВЕР)** — це теплота та інші види енергії, що не використовуються в самій установці, але можуть бути використані для енергопостачання інших об'єктів і установок. Теплові ВЕР — це димові гази від котлів і іншого устаткування; тепла вода від охолодження технологічного устаткування; скидна пара; охолоджуюча вода теплових і атомних електростанцій і інших установок; повітря, що видаляється із сушильних установок; вентиляційне повітря з приміщень, ферм та ін.

Сучасні промислові підприємства і теплові електростанції в технологічних процесах ефективно використовують лише частину енергії. Приблизно половина всієї енергії палива губиться. Енергетичний потенціал при використанні відходів, побічних і проміжних продуктів, що не використовують в основному виробництві, але які можуть бути використані для енергопостачання інших установок, об'єктів, агрегатів, складає основу вторинних енергетичних ресурсів (ВЕР).

ВЕР використовують для створення мікроклімату у виробничих сільськогосподарських приміщеннях, а також для опалення, вентиляції, кондиціонування, гарячого водопостачання житлових і виробничих об'єктів.

Питомий вихід теплових ВЕР за одиницю часу оцінюють, як правило, за годину роботи агрегату й установки джерела вторинної енергії, кДж/год,

$$q_T = M_{en} \Delta h, \quad (1)$$

де  $M_{en}$  — питома кількість енергоносія агрегату-джерела, кг/год, м<sup>2</sup>/год;

$\Delta h$  — перепад ентальпії, кДж/кг.

Вихід ВЕР за певний період (доба, місяць, опалювальний період, рік) визначають по питомій витраті

$$Q_B = q_T \tau, \quad (2)$$

де  $\tau$  — час роботи агрегату-джерела за розглянутий період, год. Теплова енергія, отримана за рахунок ВЕР, залежить від ступеня досконалості утилізаційної установки і режиму (часу використання) і її обчислюють за формулою:

$$Q = Q_B \delta \beta_p (1 - \zeta), \quad (3)$$

де  $\delta$  — частина ВЕР, що надходить від агрегату-джерела;

$\beta_p$  — коефіцієнт, що враховує режим загального використання агрегату-джерела, утилізаційної установки і споживача. При цілодобовому теплопостачанні  $\beta_p = 1$ ;

$\zeta$  — частка втрат.

Серед ВЕР виділимо ті, для використання яких необхідно теплоутилізаційне устаткування (ТУУ). До них відносять ТУУ, що використовує теплоту димових газів печей котлоагрегатів та інших тепловикористовуючих парогазових потоків від сушильних апаратів, витяжного повітря систем вентиляції і кондиціонування і деякі інші теплоносії.

Основний елемент ТУУ — різні теплоутилізатори. Розглянемо їхні конструкції і принцип дії. Останнім часом широко застосовують пластинчасті рекуперативні теплообмінники, що відрізняються компактністю, низьким гідравлічним опором і зручністю очищення поверхонь теплообміну, питома поверхня яких досягає 1500 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>. Розміщені паралельно одна стосовно іншої пластини утворюють систему хвилястих каналів шириною 3...6 мм, по яких по обидва боки кожної пластини переміщуються теплоносії. Гофрування пластин створює інтенсивну турбулізацію потоків, що забезпечує високі коефіцієнти теплопередачі (до 3800 Вт/(м<sup>2</sup>•К)).

## 2. Використання теплоти високотемпературних ТВЕР (когенерація)

**Когенерація** – це одночасне вироблення тепла і електроенергії. Електроенергію можуть виробляти газо-поршневі, газо-дизельні двигуни, газові турбіни, що визначається потужностним рядом споживання. Одночасно вони є джерелом скидного тепла, яке утилізується котлом-утилізатором. По класу енергетичних установок дані когенераційні установки відносяться до класу міні-ТЕЦ. ККД когенераційних установок складає 92-95% за рахунок одночасного виробництва електроенергії та тепла. Паливом для когенераційних установок служить природний газ, а також генераторний газ (біогаз), який може проводитися на базі місцевих енергоресурсів, тобто з відходів деревообробної промисловості, лісгоспів, сільсько-господарського виробництва, а також енергетичних корисних копалин, що є альтернативою природному газу, як джерела енергії.

Безпосередній перелік палива для отримання генераторного газу: дрова, тріска, тирса, лушпиння, пелети, солома, зерно, торф, буре, кам'яне вугілля і т.д.

**Будова когенераційної установки.** (слайд 6) Когенераційна установка виконується, як правило, на базі газової турбіни, газо-дизельного або газо-поршневого двигуна і складається з силового агрегату, мікротурбіни або відповідного двигуна, генератора, теплообмінника і системи управління. У газотурбінних установках (ГТУ) основна кількість тепла відбирається із системи вихлопу. У газо-поршневих, газо-дизельних відбір теплової енергії відбувається від масляного радіатора, а також від системи охолодження двигуна. Надмірне тепло може також направлятися в холодильні машини для виробництва холоду, з наступною реалізацією в системах кондиціонування. Подібна технологія має власне визначення – тригенерація.

### **Типи когенераційних установок.**

- Когенераційна установка на базі газо-поршневого або газо-дизельного двигуна.

Газо-поршневі і газо-дизельні двигуни можуть працювати на природному газі. При цьому виробництво електроенергії є основним завданням, скидна теплота утилізується котлом утилізатором для потреб опалення та гарячого водопостачання. Потужностний ряд цих установок 250 - 1000 кВт. Ці ж двигуни можуть працювати і на генераторному газі (біогаз). Для цього вони повинні бути оснащені газогенератором, що виробляє цей газ за методом холодного піролізу з подальшою його очищенням від супутніх йому смол.

- Когенераційна установка на базі газової турбіни.

Відбір теплової енергії в газотурбінних установках технічно простіше здійсимо, так як вихлопні гази мають більш високу температуру. На 100 кВт електричної потужності споживач отримує від 100 до 200 кВт теплової потужності у вигляді пари і гарячої води для опалення та водопостачання. Потужностний ряд від 100 кВт до 2 МВт.

- Газогенераторні когенераційні установки на базі газо-поршневих або газо-дизельних двигунів.

Кожна когенераційна установка складається з власне газогенератора безперервної дії з безперервною подачею палива, системи очищення газу перед використанням його в газо-дизельному двигуні, газо-поршневому двигуні або пальнику, і системи контролю і управління. Газогенератор перетворює паливо в генераторний газ. Завантаження палива в газогенератор здійснюється вручну або за допомогою пневматичного або шнекового транспортера в залежності від його потужності.

- Когенераційна установка на базі двигуна Стірлінга.

Двигун Стірлінга відноситься до двигунів зовнішнього згорання. Він може використовувати енергію сонця, енергію генераторного газу, що отримується з біопалива. Цей двигун безпосередньо перетворює тепло в механічну енергію. У комплексі з електричним генератором - це вже когенераційна установка.

### ***Енергоефективність, переваги когенераційної установки.***

Робота когенераційної установки характеризується ККД, що дорівнює 92-95%. Переваги когенераційних установок лежать, перш за все, у сфері економіки. Істотна різниця між капітальними витратами на енергопостачання від мереж і енергопостачання від власного джерела полягає в тому, що капітальні витрати, пов'язані з придбанням когенераційної установки, відшкодовуються, а капітальні витрати на підключення до мереж безповоротно втрачаються при передачі новозбудованих підстанцій на баланс енергетичних компаній. Когенераційна установка повинна покривати 50-70% від максимальної щорічної потреби в тепловій енергії, а решта 30-50% доцільно забезпечити водогрійним котлом.

Робота когенераційної установки на генераторному газі також пов'язана з низкою переваг:

–низька вартість нетрадиційних видів палива в порівнянні з природним газом;

–повсюдність застосування: робота і підбір газогенераторної когенераційної установки визначається місцевої енергетичної ресурсною базою: наявністю відходів деревообробної промисловості, лісгоспів, сільськогосподарського виробництва, корисні копалини (торф, буре, кам'яне вугілля і т.д.). Організація виробництва пелет робить можливим повсюдне застосування подібних установок, що працює на пеллетном паливі.

Робота когенераційних установок на природному газі визначається наявністю підведення до об'єкта природного газу;

–екологічність: газогенераторна когенераційна установка на рослинних видах палива не тільки економить фінансові та матеріальні, але і зберігає здоров'я жителям прилеглих територій в порівнянні з спалюванням вугілля і природного газу;

–універсальність: газогенераторна когенераційна установка здатна працювати на різних видах твердого палива: вугілля, пелети, дрова, тріска, торф і т.д.;

–особливості: вологість спалюваних рослинних залишків може становити 50%. Але для ефективної роботи газогенераторної когенераційної установки вологість даного палива рекомендується 15-20%.

Режими роботи когенераційних установок:

–монорежим: когенераційна установка є єдиним джерелом енергії для потреб електропостачання, опалення та ГВП;

–бівалентний-паралельний режим: даний режим може бути застосований на об'єкті, де вже існує газова котельня. Загальна потреба в теплі забезпечується когенераційної установкою і водогрійним газовим котлом. Основне джерело тепла - когенераційна установка. Водогрійний газовий є допоміжним джерелом;

–бівалентний-альтернативний режим: даний режим може бути застосований на об'єкті, де вже існує газова котельня. У цьому випадку газогенераторна когенераційна установка працює в моно-режимі. При відсутності твердого палива опалення здійснюється на базі газового котла.

### 3. Використання теплоти низькотемпературних ТВЕР у сільському господарстві

Схема використання вторинної (відпрацьованої) пари для підігріву зворотної води системи опалення приведена на рис. 1.

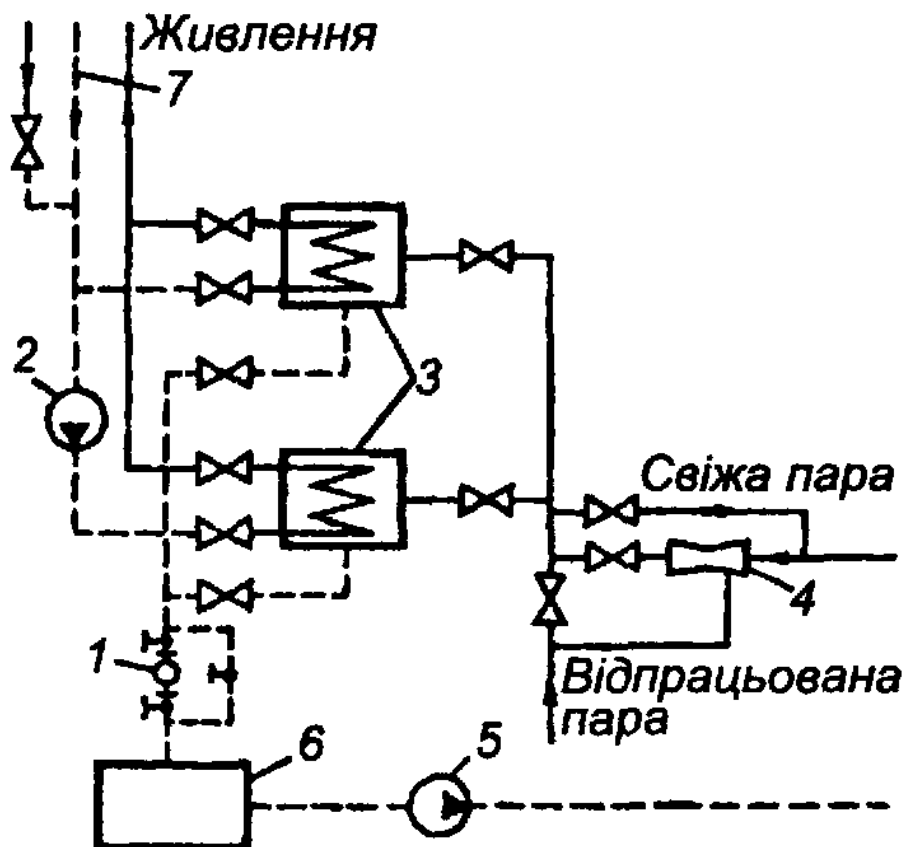


Рис. 1. Схема використання вторинної (відпрацьованої) пари для підігріву зворотної води системи опалення

- 1 — конденсатовідвідник; 2 — насос системи опалення; 3 — теплообмінник;  
4 — ежектор; 5 — конденсаційний насос; 6 — збірний бак; 7 — зворотна магістраль

Вторинна пара подається в теплообмінник 3, де віддає свою теплоту воді, що надходить у теплообмінник зі зворотної магістралі системи опалення. Конденсат, що утворився в теплообміннику, через конденсатовідвідник 1 надходить у збірний бак 6, відкля конденсаційним насосом 5 перекачується в збірний конденсатний бак котельні.

Схема використання ВЕР теплоти димових газів котельні показана на слайді 9 (Презентація 5 ) Схема передбачає нагрівання води для гарячого водопостачання, опалення і вентиляції теплиць 9 і тваринницьких приміщень 10. Артезіанська вода насосом 2 подається в пристрій хімводоочистки 3 і

нагрівається в утилізаторі димових газів (УДГ) 4 котла 1, відкілья надходить у бак-акумулятор 6 і перекачується насосом 8 у систему гарячого водопостачання сільськогосподарських виробничих приміщень. Друга частина нагрітої води з УДГ 4 за допомогою перекачувального насоса 7 подається в повітрянагрівач системи опалення і вентиляції 12. Повітря до необхідних параметрів з урахуванням специфічних умов кожного приміщення нагрівають за допомогою водяного калорифера 11, підключеного в теплову мережу з насосом 14. Повітря в систему повітряного опалення подається вентилятором 13. Охолоджені димові гази з котла димососами 5 видаляються в димову трубу.

Теплопостачання об'єктів сільськогосподарського призначення від теплових електростанцій можливе за рахунок неурегульованих відборів пари з турбін або від теплоти води низького потенціалу після конденсаторів.

Відомі і більш прості рішення, які полягають у тому, що теплу воду направляють на полив полів або па обігрів ґрунту, для чого її подають у мережу труб, прокладених на визначеній глибині.



Рис. 2. Принципова схема утилізації ВЕР димових газів котельні:

1 — котел; 2 — насос артезіанської води; 3 — хімводоочистка; 4 — утилізатор димових газів котла; 5 — димосос; 6 — бак-акумулятор; 7 — перекачувальний насос; 8 — насос гарячого водопостачання; 9 — теплиця; 10 — тваринницьке приміщення; 11 — калорифер; 12 — повітрянагрівач системи повітряного опалення і вентиляції; 13 — вентилятор; 14 — мережевий насос

У сільському господарстві в якості резервного енергетичного агрегату використовують дизельні електростанції. Відпрацьовані гази двигуна мають високу температуру (380...420 °С) і теплоту відпрацьованих газів можна використовувати для підігріву води або одержання пари в котлі-утилізаторі. Ефективність утилізації теплоти зростає, якщо використовувати також теплоту води із системи охолодження двигуна. Схема подібної установки показана на рис. 3.4. . (Презентація 3)

Втрати теплоти з вентиляційним повітрям, що видаляється з приміщень, значні. Використання цієї “непридатної” теплоти являє собою актуальну задачу, позитивне рішення якої сприяло б заощадженню енергоресурсів при теплопостачанні ферм. З цією метою в системі повітряного опалення встановлюють утилізатори низькопотенційної теплоти.

Усі теплоутилізатори вентиляційних викидів різні за конструкцією і принципом роботи. Їх розділяють на регенеративні і рекуперативні (трубчасті і пластинчасті) з використанням теплових труб і проміжним теплоносієм.

При низьких температурах зовнішнього повітря може відбуватися утворення на поверхні утилізатора з боку повітря, що видаляється. Гранична температура, нижче якої можливе обмерзання  $t_p$ , залежить від параметрів і витрати скидного вентиляційного повітря.

Якщо температура зовнішнього повітря нижче  $t_p$ , то для забезпечення безаварійної роботи необхідно періодично відключати подачу повітря, що надходить, на 3...5 хв через кожні 4 години, пропускати частину повітря через обвідний канал по лінії припливу або попередньо нагрівати повітря.