

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ І
СИСТЕМИ АПВ**
Частина 2
**Енергетичні установки та відновлювальні джерела
енергії**
КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

СУМИ – 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет
Кафедра енергетики та електротехнічних систем

ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ І
СИСТЕМИ АПВ
Частина 2
Енергетичні установки та відновлювальні джерела
енергії

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

для здобувачів 4 та 3 с.т. курсу
освітньої програми «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
денної та заочної форм здобуття освіти
ступеню вищої освіти «бакалавр»

УДК 621.18(072)

Ч 44

Укладачі: **Чепіжний А.В.**, к.т.н., доцент кафедри енергетики та електротехнічних систем
Козін В.М., к.т.н., доцент кафедри енергетики та електротехнічних систем
Сіренко В.Ф., к.т.н., доцент кафедри енергетики та електротехнічних систем

Ч 44 Теплоенергетичні установки і системи АПВ : конспект лекцій. Частина 2. Енергетичні установки та відновлювальні джерела енергії / укл. А. В. Чепіжний, В. М. Козін, В. Ф. Сіренко – Суми, 2025 – 62 с.

В конспекті лекцій частина 2 наведено основні принципи роботи енергетичних установок, що використовуються в галузі АПВ їх основні характеристики. Також наведено основні відновлювальні джерела енергії, що використовуються в для даної галузі.

Рецензенти:

Коноплянченко Є.В., к.т.н., доцент, завідувач кафедри технічного сервісу та галузевого машинобудування
Лобода В.Б., к.т.н., професор кафедри охорони праці та фізики

Відповідальний за випуск:

Чепіжний А.В. к.т.н., доцент кафедри енергетики та електротехнічних систем

Рекомендовано до видання Радою із забезпечення якості освітньої діяльності та якості вищої освіти інженерно-технологічного факультету.

Протокол №4 від 28.01.2025 року

ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН

№ з/п	Тема	Кількість годин
1	Джерела теплової енергії	2
2	Паливо	2
3	Основи теорії горіння	2
4	Котельні установки. Тепловий та енергетичний баланси котельного агрегату	2
5	Допоміжне обладнання котельної установки	2
6	Водне господарство та водний режим котлів	2
7	Зовнішнє обладнання котлоагрегатів	2
8	Електростанції з двигунами внутрішнього згорання	2
9	Компресорні машини	2
10	Теплогенератори, водонагрівачі та вентилятори	2
11	Газопостачання сільського господарства	2
12	Особливості використання газу в сільському господарстві	2
13	Системи теплопостачання	2
14	Відновлювані та вторинні енергоресурси у сільському господарстві	2
15	Теплонасосні установки в сільському господарстві	2
ВСЬОГО		30

ВСТУП

Вивчення дисципліни «Теплоенергетичні установки і системи АПВ» дозволить сформулювати у здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня освіти теоретичних знань та практичних навичок з питань застосування теплової енергії в агропромисловому виробництві, а також навичок у вирішенні конкретних інженерних завдань по проектуванню, використанню теплоенергетичного обладнання та мереж. Також вивчення дисципліни «Теплоенергетичні установки і системи АПВ» в цілому ефективно вирішувати проблему теплопостачання аграрного виробництва.

Метою дисципліни «Теплоенергетичні установки і системи АПВ» є підготовка кваліфікованих інженерних кадрів в області теплоенергетичних установок і систем у агропромисловому виробництві. Ефективне вирішення проблеми енергозбереження можливо лише при умові врахування всіх складових системи теплопостачання, а також сучасних досягнень в указаній області.

Дисципліна «Теплоенергетичні установки і системи АПВ» базується на вивченні дисципліни «Джерела енергії та докілья», «Теоретичні основи автоматики». Базуючись на отриманих знаннях при вивченні дисципліни «Теплоенергетичні установки і системи АПВ» здобувачі освіти впроваджують свої знання та практичні навички у вивчення дисциплін «Основи проектування енергетичних об'єктів АПВ» та при підготовці та захисті кваліфікаційного (бакалаврського) проекту.

Конспект лекцій з дисципліни «Теплоенергетичні установки і системи АПВ», частина 2 – енергетичні установки та відновлювальні джерела енергії призначена для вивчення питань пов'язаних з забезпеченням різних енергетичних і теплових процесів в АПВ та включає в себе лекційний матеріал з 8 по 15 тему з загального тематичного плану дисципліни.

ЗМІСТ

Лекція 8. Електростанції з двигунами внутрішнього згоряння.....	8
Лекція 9. Компресорні машини.....	14
Лекція 10. Теплогенератори, водонагрівачі та вентилятори.....	19
Лекція 11. Газопостачання сільського господарства.....	27
Лекція 12. Особливості використання газу в сільському господарстві.....	32
Лекція 13. Системи теплопостачання.....	34
Лекція 14. Відновлювані та вторинні енергоресурси у сільському господарстві.....	40
Лекція 15. Теплонасосні установки в сільському господарстві.....	53
Список використаної літератури.....	61

ЛЕКЦІЯ 8. ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ З ДВИГУНАМИ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

План

- 8.1. Загальні відомості та класифікація.
- 8.2. Робочий цикл двигуна внутрішнього згоряння та його основні показники.
- 8.3. Схеми забезпечення роботи первинних двигунів ДЕС.

8.1. Загальні відомості та класифікація.

Для забезпечення надійності електропостачання у сільському господарстві застосовують автономні джерела резервного електропостачання (АДРЕ). Як АДРЕ використовують у більшості випадків електростанції з двигунами внутрішнього згоряння (ДВЗ). Основним елементом АДРЕ є електроагрегат.

Електроагрегат – це комплексна установка, що складається з ДВЗ та генератора, котрі змонтовані на спільній рамі. Електроагрегат комплектується щитом керування та допоміжним обладнанням. Електроагрегати можуть бути пересувними та стаціонарними. Стаціонарні встановлюють на спеціально обладнаних кузовах-фургонках та у приміщеннях.

Один або кілька електроагрегатів разом з розподільним, пристроєм та допоміжним обладнанням утворюють електричну станцію. Електроагрегати та електростанції поділяють за такими показниками:

- типом первинного ДВЗ – бензинові та дизельні; потужністю: малі (до 50 кВт); середні (50-1000 кВт); великі (більше 1000 кВт);
- видом електричного струму – постійного та змінного.

Двигуни внутрішнього згоряння, що приводять у рух генератори, можуть мати різні системи охолодження: повітряну, водоповітряну (радіаторну); водоводяну двоконтурну; водяну проточну.

Електростанції з ДВЗ (стаціонарні та пересувні) застосовують для основного, резервного та аварійного електропостачання. Як основне джерело електропостачання електростанції з ДВЗ використовують у випадках значної віддаленості електроспоживачів від електричних мереж високої напруги та при відсутності інших джерел електроенергії (наприклад, гідроелектростанцій). Ці електростанції вважаються сільськими, якщо більше 50% навантаження створюють сільські споживачі електроенергії. Резервні електростанції працюють тільки при перервах в електропостачанні від основних джерел живлення. Як резервні можуть використовуватися стаціонарні і пересувні електростанції. Аварійне електропостачання здійснюється від пересувних електростанцій з ДВЗ у випадку аварій на основній системі електропостачання.

ПЕС за способом транспортування можуть бути такими, що перевозяться, або такими, що буксируються автомобілем-тягачем або трактором. Залежно від потужності ПЕС бувають малі – до 10кВт; середні – 10-1000кВт; великі – більше 1000кВт. За родом електричного струму ПЕС поділяють на електростанції постійного та електростанції змінного струму.

Первинним двигуном ПЕС може бути як бензиновий (карбюраторний), так і дизельний ДВЗ.

До складу ПЕС крім ДВЗ та генератора входять: розподільний пристрій, що включає прилади керування, регулювання, контролю та захисту; гнучкі з'єднувальні кабелі; комплект запасних частин та інструментів; засоби пожежогасіння. Загальний вигляд дизельної ПЕС вагонної конструкції наведено на рисунку 8.1.

ПЕС з бензиновими ДВЗ випускаються для потужностей 0,5, 1, 2, 4, 8, 12, 16 кВт. Останні два агрегати обладнані двигунами ГАЗ-322. Маркування бензинових ПЕС містить інформацію не тільки про типи ДВЗ, але й про її номінальну електричну потужність, рід струму та його напругу. Наприклад, АБ-4-П/115 означає, що ця ПЕС з бензиновим двигуном внутрішнього згоряння, її потужність 4 кВт, струм постійний, напругою 115 В.

Електроагрегати АД, АДА, АСД, АСДА комплектуються дизельними двигунами внутрішнього згоряння типів ЯМЗ, СМД, МТЗ та ін. їх номінальна потужність коливається в межах 5-1350кВт. Буквені символи в маркуванні цих електроагрегатів розшифровуються так: АД – агрегат дизель-електричний; АДА – агрегат дизель-електричний автоматизований; АСД – агрегат стаціонарний дизель-електричний; АСДА – агрегат стаціонарний дизель-електричний автоматизований.

Крім наведених, в умовах сільського господарства використовують дизельні електростанції інших типів: ЕДС потужністю 10-100кВт; ЕСДА – 30-500кВт; ДТ – 8, 24, 75, 100 кВт; ДГА – 12-48кВт; ДЕМС – 30-50кВт; АСДА – потужністю 12-200кВт. Для аварійного електропостачання невеликих тваринницьких ферм використовують пересувні дизельні електростанції; ПЕС-15 та ДПЕС-20 потужністю 12 кВт; ДЕС-40М1 потужністю 27 кВт; ДЕС-50М1 потужністю 50 кВт; У-12 та ДГА-100-2 потужністю 100 кВт.

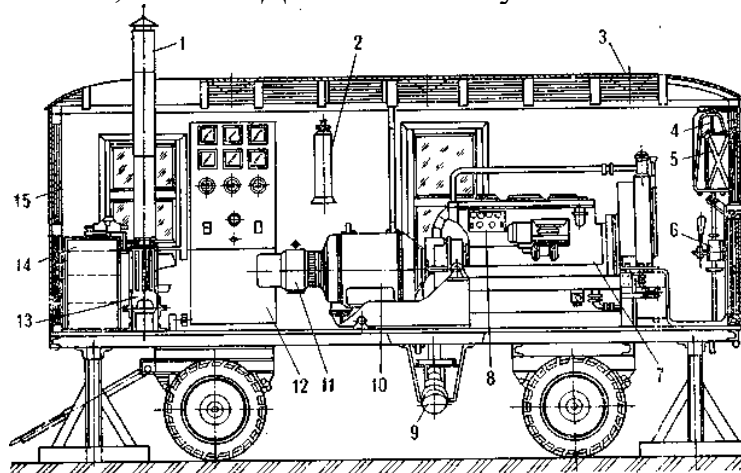


Рисунок 8.1. Рухома електростанція вагонної конструкції ПЕС-100: 1 – вентиляційна труба; 2 – вогнегасник; 3 – плафон освітлення вагона; 4, 5 – паливний і мастильний баки; 6 – ручний насос; 7 – дизель; 8 – щиток контролю дизеля; 9 – вихлопна труба; 10 – генератор; 11 – збудник; 12 – розподільний щит; 13 – нагрівник; 14 – верстак з тисками; 15 – утеплений корпус вагона

8.2. Робочий цикл двигуна внутрішнього згорання та його основні показники

Двигун внутрішнього згорання є складною механічною системою, яка перетворює енергію внутрішнього згорання палива на кінетичну енергію, необхідну для роботи генератора. Основний принцип роботи двигуна полягає в згоранні палива в камерах згорання, що створює тиск, який змушує поршень рухатися вниз та далі вгору, забезпечуючи рух коліс. Основні компоненти двигуна внутрішнього згорання:

1. Картер – це велика металева частина двигуна, в якій розташовані все обладнання та деталі, що потрібні для його роботи.
2. Циліндр – це трубчаста деталь, в якій знаходиться поршень та з якої виходить вихлопні гази.
3. Поршень – це кругла деталь, яка рухається в циліндрі та перетворює енергію внутрішнього згорання на кінетичну енергію.
4. Клапан – це кришечка, яка закриває або відкриває отвір у циліндрі, через який паливо та повітря потрапляють в камеру згорання та викидаються вихлопними газами.
5. Ремінь або ланцюг – це деталь, яка передає крутний момент від колінчастого вала до розподільного вала, що керує відкриванням та закриванням клапанів.
6. Колінчастий вал - це довга металева деталь, яка знаходиться внизу двигуна та керує рухом поршня.

На рисунку 8.2 представлені схеми роботи чотирьохтактного та на рисунку 8.2 двотактного двигунів внутрішнього згорання.

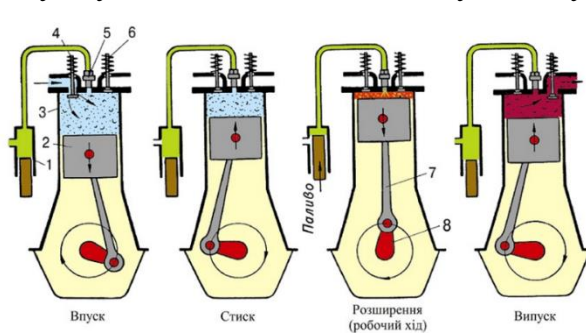


Рисунок 8.2. Робочий цикл чотиритактного дизеля: 1 – паливний насос, 2 – поршень, 3 – циліндр; 4, 6 – впускний і випускний клапан; 5 – форсунка; 7 – шатун; 8 – колінчастий вал.

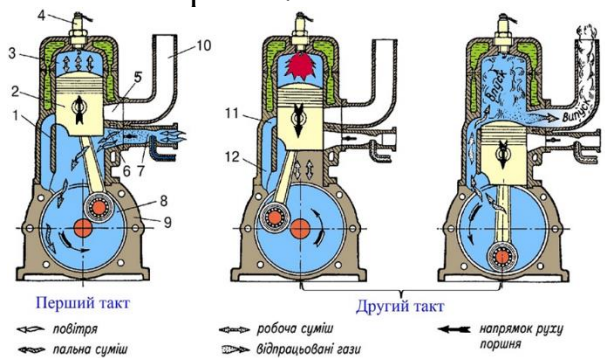


Рисунок 8.3. Робочий цикл двотактного карбюраторного двигуна: 1 – циліндр; 2 – поршень; 3 – камера стиску; 4 – свічка запалювання; 5 – випускне вікно; 6 – впускне вікно; 7 – карбюратор; 8 – кривошипна камера; 9 – картер; 10 – випускна труба; 11 – продувне вікно; 12 – продувний канал

Принцип роботи двигунів внутрішнього згорання полягає в тому, що паливо змішується з повітрям в циліндрах двигуна, після чого змішана суміш піддається займанню. Це призводить до підвищення тиску в циліндрі, що змушує порушуватися поршень, який в свою чергу виконує корисну роботу.

Найбільш поширеними типами двигунів внутрішнього згоряння є бензинові та дизельні двигуни. Вони мають дещо відмінні принципи роботи.

Бензиновий двигун працює на бензині та зазвичай складається з 4 циліндрів. Коли поршень знаходиться в верхньому положенні, в циліндр відбувається подача змішаної суміші палива та повітря через впускний клапан. Потім поршень опускається, що стискає змішану суміш та змушує її піддаватися займанню. При займанні змішаної суміші створюється висока температура та тиск, які розширюють гази, що змушує поршень рухатися вгору та виконувати корисну роботу, переносючи силу на колісну пару. Після цього поршень повертається в верхнє положення, випускаючи відпрацьовані гази через вихлопний клапан.

Дизельний двигун працює на дизельному паливі та має вищу ефективність за рахунок більш високого ступеня стиснення змішаної суміші. В дизельному двигуні повітря спочатку стискається до дуже високого тиску у відсутності палива, після чого відбувається подача дизельного палива. Внаслідок високого тиску дизельне паливо займається самозайманням, не потребуючи іскри, як у бензиновому двигуні. Після займання змішаної суміші відбувається рух поршня вниз та виконання корисної роботи, після чого поршень повертається в горизонтальне положення, випускаючи відпрацьовані гази через вихлопний клапан.

Таблиця 8.1 – Порівняння параметрів дизельних двигунів

Параметр	Бензиновий двигун	Дизельний двигун
Тип палива	Бензин	Дизельне паливо
Кількість циліндрів	Зазвичай 4	Може бути 4, 6 або більше
Система займання	Запалювання іскрою	Самозаймання від високого тиску
Ефективність	Нижча	Вища
Вартість	Зазвичай дешевший	Зазвичай дорожчий
Рівень шуму	Вищий	Нижчий
Рівень викидів	Зазвичай вищий	Зазвичай нижчий
Об'ємність	Зазвичай менший	Зазвичай більший

8.3. Схеми забезпечення роботи первинних двигунів ДЕС

Дизельна електростанція крім основних агрегатів включає: систему охолодження дизеля з насосами, баками та трубопроводами; систему живлення дизеля паливом з паливними баками, паливними насосами та паливними трубопроводами; систему мащення дизеля з масляним баком, масляним насосом, масляним радіатором та маслопроводами; систему передпускового підігріву дизеля з підігрівниками та опалювально-вентиляційною установкою; щит керування, захисту та сигналізації з комплектом з'єднувальних кабелів; акумуляторну батарею для системи пуску, керування та сигналізації.

Система паливостачання ДЕС включає пристрої для приймання, зберігання та підготовки дизельного палива. Паливосховище може бути наземним, напівпідземним або підземним. Рідке паливо зберігається в цистернах. Відповідно до фізико-хімічних властивостей та прийнятої схеми підготовки палива застосовують відстійники, сепаратори, резервні фільтри,

витратні баки, підігрівальні пристрої. Згідно з протипожежними нормами в машинному залі допускається розміщувати витратні баки для палива та мастила, фільтри та інші резервуари, якщо їх сумарна ємкість не перевищує 5м³. На резервних та аварійних ДЕС при використанні палива, що не потребує складної підготовки, витратні баки та фільтри розміщують у машинному залі на кронштейнах.

Система маслозабезпечення станції. Резервуари з мастилом, як правило, розміщують разом з паливними резервуарами. Масляні резервуари обладнують підігрівником для підігрівання мастила до 40-45°C. Для ДЕС потужністю до 500 кВт запас масла можна зберігати в машинному залі в бочках. Залежно від потужності дизелів і витрати масла його залив і заміну виконують за допомогою насосів або вручну. Місткість витратних баків для масла визначають із розрахунку 50-200 год роботи дизеля, або приймають рівною ємкості мастильної системи двигуна. На станції має зберігатись запас мастила не менш ніж на 30 діб роботи усіх її дизель-генераторів.

Проточне охолодження застосовують на станціях малої потужності, де витрата води невелика. Перевагою двоконтурної системи в порівнянні з одноконтурною є зменшення загальної витрати води, відсутність хімічної очистки та менше накипоутворення в водяній сорочці охолодження двигуна. Однак двоконтурна система потребує додаткового обладнання і більших енергетичних затрат на циркуляцію холодоносія в системі. Для дизелів середньої та великої потужності найчастіше використовують циркуляційну систему водяного охолодження. Крім зменшення загальних витрат води ця система дозволяє підтримувати більш високий температурний режим дизеля, що позитивно впливає на обочий процес, так і на роботу системи мащення.

Одноконтурна система і первинний контур двоконтурної системи можуть бути замкненими або розімкненими. Розімкнений контур забезпечує високу надійність роботи системи. У випадку використання замкненого контура для контролю його роботи необхідно встановлювати контрольні лійки або пробні крани, шайби та дифманометри. У технічних умовах заводу-виготівника дизеля вказують питому витрату води, для певної різниці температур на вході і виході з системи охолодження двигуна.

Система пуску двигунів ДЕС. Пуск дизелів невеликої потужності провадять за допомогою електростартера або стисненим повітрям, що подається в циліндри з пускових балонів стисненого повітря. Пуск двигунів стисненим повітрям є основним для тихохідних дизелів середньої та великої потужності і резервним – для швидкохідних дизелів потужністю 60-220кВт.

Система очистки повітря. Як правило, фільтрують тільки те повітря, що надходить в двигуни ДЕС, встановлюючи повітряний фільтр на приймальній частині повітропровода. Повітряні фільтри бувають ударного типу, сухі, тканинні, з масляними ваннами. Повітря, що витрачається двигунами, забирається з машинного залу, що сприяє вентиляції машинного залу. Фільтри можуть встановлюватись на даху будівлі ДЕС, у стіні, в середині будівлі, зовні. Варіант установки фільтра на даху будівлі ДЕС сприяє забору чистого повітря.

Система випуску відпрацьованих газів. Випускні трубопроводи дизелів повинні бути за можливістю короткими, з мінімальною кількістю поворотів та згинів. У зв'язку з цим глушники розміщують вздовж поздовжньої стіни машинного залу. З випускного трубопроводу відпрацьовані гази спрямовуються в металевий глушник випуску. Глушником може також бути цегляна або бетонна камера. Випускна труба глушника повинна виводитись вище даху ДЕС на висоту не менше – 750 мм.

Схема паливної ситеми (рис. 8.4) включає витратний бак палива 1, електронасос підкачки палива 2, насос ручної підкачки палива 3. Витратний бак палива місткістю 850л розрахований на безперервну роботу дизеля на номінальній потужності протягом 5,5год. Заповнення витратного бака паливом здійснюється електронасосом 2, або ручним насосом 3 з підземного паливного резервуара. Поповнення витратного бака паливом може виконуватись автоматично при включенні паливного електронасоса за сигналом реле рівня палива. До дизеля 4 паливо з витратного бака надходить самопливом. Передбачено аварійний злив та перелив палива з витратного бака в підземний.

Схема масляної системи (рис. 8.5) включає бак для масла 1 місткістю 400л, електронасос підкачки масла 2, ручний насос підкачки масла 4. Масло з бочок закачується ручним насосом у бак 1, з якого воно електронасосом подається в циркуляційний бак, розміщений на рамі дизель-генератора 3. Перелив масла з циркуляційного бака в бак 1 відбувається самопливно. Опорожнення бака 1 виконується ручним насосом у переносну ємкість.

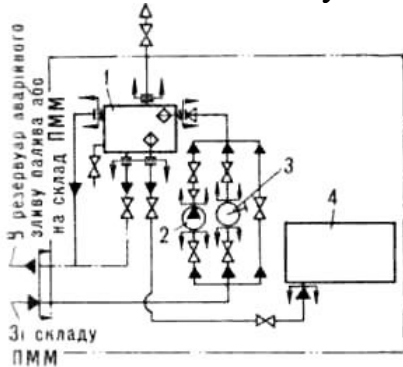


Рисунок 8.4. Принципова схема паливної системи ДЕС: 1 – витратний бак для палива; 2 – електронасос підкачки палива; 3 – насос ручної підкачки палива; 4 – дизель-генератор

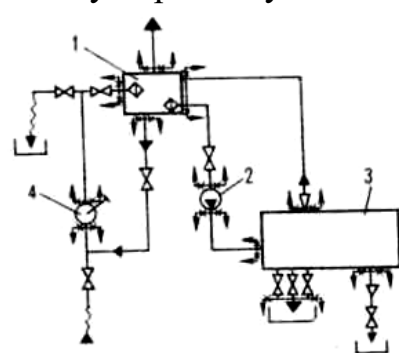


Рисунок 8.5. Принципова схема масляної системи ДЕС: 1 – бак для мастила; 2 – електронасос підкачки мастила; 3 – дизель-генератор; 4 – насос ручної підкачки мастила

Схема системи охолодження (рис. 8.6) включає бак запасу води 4, ручний насос 3, розширювальний бак 2. Як охолоджувальну рідину застосовують прісну воду, що задовольняє всім вимогам. Заповнення і підживлення системи охолодження провадять з бака-розширника 2, в який воду заливають вручну. Пара, що може утворюватися в системі охолодження, відводиться в бак-розширювач. Опорожнення системи охолодження виконують за допомогою ручного насоса в переносну ємкість. Вода для поповнення системи охолодження зберігається в баці місткістю 200 л.

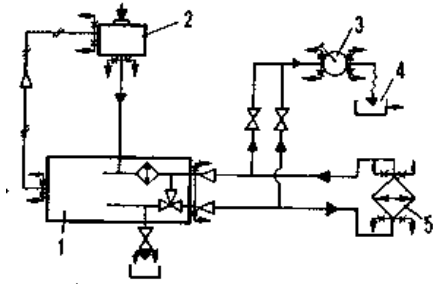


Рисунок 8.6. Принципова схема системи охолодження: 1 – дизель-генератор; 2 – бак-розширник; 3 – насос ручної підкачки води; 4 – бак запасу води; 5 – блок охолодження

Питання для самоконтролю

1. Які основні параметри використовують при виборі дизельних генераторів?
2. Опишіть основні системи забезпечення роботи ДЕС.
3. Опишіть робочий цикл дизельного електродвигуна.
4. Що таке електроагрегат?
5. З яких основних елементів складається ДВЗ?

ЛЕКЦІЯ 9. КОМПРЕСОРНІ МАШИНИ

План

- 9.1. Загальні відомості.
- 9.2. Класифікація компресорів.
- 9.3. Поршневі компресори та їх будова.

9.1. Загальні відомості.

Компресорами називають машини, призначені для підвищення тиску газів. Компресорна установка включає компресор, механізм привода та допоміжне обладнання. За принципом дії їх поділяють на об'ємні та лопатеві. В об'ємних компресорах підвищення тиску газу відбувається шляхом зміни об'єму робочого простору машини, а саме, періодичною зміною геометричних розмірів зони, яку займає газ. Компресори об'ємного типу бувають поршковими, гвинтовими, мембранними, роторно-пластинчастими і ін.

У поршковому компресорі стискання газу відбувається за рахунок зворотно-поступального руху поршня в циліндрі. У гвинтовому – за рахунок зміни об'єму робочих камер, утворених обертовими гвинтовими поверхнями роторів та нерухожими гвинтовими поверхнями корпусу компресора. У мембранному – за рахунок зворотно-поступального коливального руху пружної мембрани. У роторно-пластинчастому компресорі стискання газу відбувається при зміні об'єму робочих камер, утворених внутрішньою циліндричною поверхнею статора, зовнішньою циліндричною поверхнею ротора, що ексцентрично обертається в статорі та радіальними пластинами, що переміщуються в пазах ротора під дією відцентрових сил.

Лопатеві компресори – це машини динамічної дії. В них стискання газу відбувається в результаті взаємодії з обертальною і нерухою решітками лопатей. Характерною особливістю лопатевих компресорів є відсутність

пульсацій тиску в нагнітальному патрубку. Лопатеві компресори поділяють на радіальні, радіально-осьові та осьові.

У відцентровому компресорі стискання газу відбувається при його переміщенні від центра до периферії в результаті безперервної взаємодії з обертальною та нерухомою решітками компресора. В осьовому процес стискання газу відбувається аналогічно тільки при переміщенні газу, практично, паралельно осі обертання ротора.

За призначенням компресори класифікують залежно від галузей їх застосування (енергетичні, хімічні, загального призначення та ін.). Залежно від роду стискуваного газу бувають повітряні, кисневі, хлорні та ін.

За безпосереднім використанням – пускові, гальмівні та ін. За кінцевим тиском розрізняють: вакуум-компресори – машини, що відсмоктують газ з вакуумованого простору; компресори низького тиску – машини, що стискають газ до тиску 0,15-1,2МПа; середнього – 1,2-10МПа; високого – 10-10МПа; надвисокого – більше 100МПа.

За подачею компресори поділяють на: компресори малої подачі – до $0,015\text{м}^3/\text{с}$; середньої – $0,015\text{--}1,5\text{м}^3/\text{с}$; великої – більше $1,5\text{м}^3/\text{с}$.

За способом відведення теплоти компресори поділяють на компресори рідинного та компресори повітряного охолодження. Залежно від типу приводного двигуна – з приводом від електродвигуна, двигуна внутрішнього згоряння, газової турбіни. Застосування електродвигуна, вал якого є також валом компресора (моноблок), забезпечує зменшення габаритних розмірів компресорної установки.

9.2. Класифікація компресорів

Загальноприйнята класифікація механічних компресорів за принципом дії, під принципом дії розуміють основну особливість процесу підвищення тиску, що залежить від конструкції компресора. За принципом дії всі компресори можна розділити на дві великі групи: динамічні й об'ємні.

Об'ємні компресори. У машинах об'ємного принципу дії робочий процес здійснюється в результаті зміни обсягу робочої камери. Номенклатура машин даного типу різноманітна, налічує більше десятка, основні з них: поршневі, гвинтові, роторно-шестеренні, мембранні, рідинно-кільцеві, повітродувки Рутса, спіральні, компресор з ротором, що котиться.

Поршневі компресори можуть бути односторонньої або двосторонньої дії, крейцкопфні і бескрейцкопфні, змащуємо і без застосування мастила (сухого тертя або сухого стиснення), при високих тисках стиснення застосовуються також плунжерні.

Роторні компресори. Роторні компресори – машини з обертовим стискаючим елементом, конструктивно поділяються на гвинтові, ротаційно-пластинчасті, рідинно-кільцеві, зустрічаються й інші конструкції.

Гвинтові компресори. Конструкція гвинтового блоку складається з двох масивних гвинтів і корпусу. При цьому гвинти під час роботи знаходяться на деякій відстані один від одного, і цей зазор ущільнюється масляною плівкою. Тертьових елементів немає. Пил та інші тверді частинки і навіть невеликі

предмети при попаданні в гвинтовий блок не викликають ніяких пошкоджень і можуть лише зашкодити масляній системі самого компресора.

Пластинчато-роторні компресори. Конструкція пластинчато-роторного блоку складається з одного ротора, статора і мінімум восьми пластин, маса яких, а відповідно і товщина обмежені. На пластину в процесі роботи діють сили: відцентрова і тертя/пружності масляної плівки. Так як масляна плівка нормалізується і стає рівномірної і достатньою лише після декількох хвилин роботи компресора, то під час стартів і зупинень йде тертя пластин про статор і відповідно підвищений їх знос і вироблення.

Чим більший тиск повинен нагнітати такий блок, тим більша різниця тисків у сусідніх камерах стиснення, і тим більша повинна бути відцентрова сила для недопущення перетоків стисливого повітря з камери з великим тиском в камеру з меншим. У свою чергу, чим більше відцентрова сила, тим більше і сила тертя в момент пуску/зупинки і тим тонше масляна плівка під час роботи – це є основною причиною чому дана технологія отримала широке поширення в області вакууму (тобто тиск до 1 бара) і в області нагнітання тиску до 3-4 бар. Так як масляна плівка між пластинами і статором усього кілька мікрон, то будь-яка пил, тим більше тверді частинки більші розмірів, виступають як абразив, який дряпає статор і робить вироблення по пластинах. Це призводить до того, що виникають перепуски стисливого повітря з однієї камери стиснення в іншу і продуктивність помітно падає.

На відміну від невеликих вакуумних насосів, де широко застосовується пластинчато-роторні технологія, в компресорах великої продуктивності і тиском вище 5 бар з часом необхідно буде міняти весь блок в зборі, так як заміна окремо пластин ефективна лише у разі відновлення геометрії статора, а такі великі статори відновлення (шліфування) не підлягають.

Динамічні компресори. В компресорах динамічного принципу дії газ стискається в результаті підведення механічної енергії від валу, і подальшої взаємодії робочої речовини з лопатками ротора. Залежно від напрямку руху потоку і типу робочого колеса такі машини підрозділяють на відцентрові та осьові. Турбокомпресори – динамічні машини, в яких стиснення газу відбувається в результаті взаємодії потоку з рухомою і нерухомою ґратами лопатей.

Інші класифікації. За призначенням компресори класифікуються по галузі виробництва, для яких вони призначені (хімічні, холодильні, енергетичні, загального призначення тощо). За родом стисливого газу (повітряний, кисневий, хлорний, азотний, гелієвий, фреоновий, вуглекислотний і т. д.). За способом відведення теплоти – з рідинним або повітряним охолодженням. За типом приводного двигуна – з приводом від електродвигуна, двигуна внутрішнього згоряння, парової або газової турбіни. По влаштуванню компресори можуть бути одноступінчастими і багатоступінчастими.

По кінцевому тиску розрізняють: вакуум-компресори, газодувки – машини, які відсмоктують газ з простору з тиском нижче атмосферного або вище. Повітродувки та газодувки подібно вентиляторам створюють потік газу,

проте, забезпечуючи можливість досягнення надлишкового тиску від 10 до 100 кПа (0,1-1атм), в деяких спеціальних виконаннях – до 200 кПа (2атм). В режимі всмоктування повітродувки можуть створювати розрідження як правило 10-50кПа, в окремих випадках до 90кПа і працювати як вакуумний насос низького вакууму[1]; компресори низького тиску, призначені для нагнітання газу при тиску 0,15-1,2МПа; компресори середнього тиску – 1,2...10МПа; компресори високого тиску – 10-100МПа. компресори надвисокого тиску, призначені для стиснення газу вище 100МПа.

Продуктивність. Продуктивність компресорів зазвичай висловлюють в одиницях об'єму газу стисненого в одиницю часу ($\text{м}^3/\text{хв}$, $\text{м}^3/\text{год}$). Продуктивність зазвичай вважають за показниками приведених до нормальних умов. При цьому розрізняють продуктивність по входу і по виходу, ці величини практично рівні при маленькій різниці тисків між входом і виходом, але при великій різниці, наприклад, у поршневих компресорів, вихідна продуктивність може при тих же оборотах падати більш ніж у два рази в порівнянні з вхідних продуктивністю, виміряної при нульовому перепаді тиску між входом і виходом. Компресори називаються дожимаючими, якщо тиск всмоктуваного газу перевищує атмосферний.

9.3. Поршневі компресори та їх будова

У с.-г. виробництві найширше застосовують поршневі компресори. їх розрізняють за конструктивним виконанням, схемами та компонованням.

Залежно від призначення, подачі, тиску поршневі компресори можуть мати різні конструктивні вирішення, що різняться кількістю циліндрів та їх рядів, кількістю ступенів. Вони можуть бути одно- та двобічної дії. їх виконують крейцкопфними та безкрейцкопфними. У перших поршень виконує зворотно-поступальний рух за допомогою механізму, що складається з шатуна, крейцкопфа та штока поршня. Шатун передає рух від кривошипа колінчастого вала крейцкопфу (повзуну), котрий переміщається в прямокутних напрямних. Крейцкопф шарнірно зв'язаний з шатуном та жорстко зі штоком, з'єднаним з поршнем. У безкрейцкопфних компресорах рух від колінчастого вала передається поршню безпосередньо шатуном. Безкрейцкопфні схеми застосовують для компресорів невеликої потужності.

Компресор, в якому кілька циліндрів працюють паралельно, подаючи стиснутий газ в один спільний нагнітальний колектор, називають багатоциліндровим одноступінчастим. Якщо в компресорі кілька циліндрів працюють послідовно, а значить, стиснуте повітря з одного циліндра надходить для подальшого стискування в наступний циліндр, то такий компресор називають багатоступінчастим.

За розміщенням циліндрів компресори поділяють на вертикальні, горизонтальні та кутові. До кутових відносять компресори з вертикально-горизонтальним та похилим розміщенням циліндрів. Можливі наступні конструктивні вирішення кутових компресорів: V-, III-подібні, віяло- та зіркоподібні.

Залежно від об'ємної витрати повітря на всмоктувальній лінії поршневі компресори класифікують на: мікрокомпресори – до $0,6\text{ м}^3/\text{хв}$; малої – $0,6\text{--}6\text{ м}^3/\text{хв}$ та великої продуктивності – більше $6\text{ м}^3/\text{хв}$.

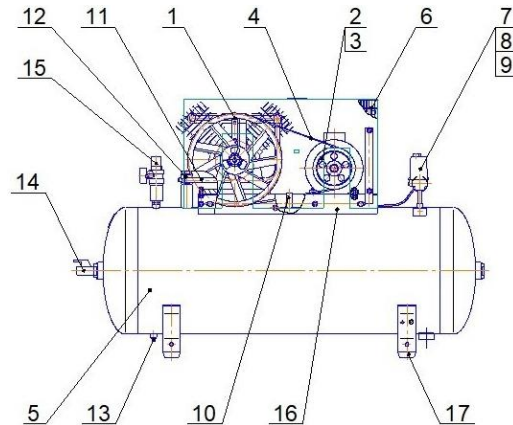


Рисунок 9.1. Загальний тип компресора

На рисунку 9.1 наступні позначення: 1. Поршковий блок – це джерело виробництва стисненого повітря. 2. Електродвигун – служить для перетворення електричної енергії в механічну, тобто двигун приводить до поршневого блоку. 3. Шлей – передає ремінь для руху. 4. Belt – служить для передачі крутного моменту. 5. Приймач – це контейнер, в якому зберігається стиснене повітря під тиском, виробленим поршковим пристроєм. 6. Захисний паркан – захищає від торкання рухомих частин компресора. 7. Pressostat – він служить для роботи поршневого компресора в автоматичному режимі, а також для підтримки приймального тиску. 8. Switch – Вмикає та вимикає установку компресора. 9. Манометр – потрібно контролювати цей тиск. 10. Запобіжний клапан – захищає обладнання від надлишкового тиску шляхом викидів надлишку повітря. 11. Повітряні лінії – трубопровід для постачання стисненого повітря. 12. Перевірити клапан – не дозволяє змінювати напрямок потоку стиснутого повітря, забезпечує його рух від блоку до повітряного приймача. 13. Condities – призначений для злиття конденсату, накопиченого в приймачі. 14. Кран – нам необхідно постачати стиснене повітря споживачеві. 15. Регулятор тиску – це додаткове обладнання при проектуванні поршневого компресора і служить для зменшення тиску в системі. 16. Платформа – це необхідно для монтажу на приймачі поршневого блоку, двигуна та інших компонентів компресорів. 17. Амортизатори – необхідність гасіння та поглинання коливань.

Питання для самоконтролю

1. Наведіть класифікацію компресорів.
2. Які компресори найчастіше використовуються в сільському господарстві?
3. Який пристрій називають компресором?
4. Як класифікуються компресори?

ЛЕКЦІЯ 10. ТЕПЛОГЕНЕРАТОРИ, ВОДОНАГРІВАЧІ ТА ВЕНТИЛЯТОРИ

План

- 10.1. Пристрої для підігріву води та повітря.
- 10.2. Типи вентиляторів та їх характеристики.
- 10.3. Калорифери. Класифікація, будова та компоновка калориферів.

10.1. Пристрої для підігріву води та повітря

У с.-г. виробництві широко застосовують теплогенератори, призначені для повітряного опалення і вентиляції тваринницьких будівель, птахівницьких ферм, теплиць, ремонтних майстерень, гаражів та інших виробничих та службових приміщень при відсутності інших засобів теплопостачання. Теплогенератори використовують для активного вентилявання зерна, сіна, для сушіння різноманітних с.-г. культур, а також для просушування споруд при внутрішніх оздоблювальних роботах. Теплогенератори працюють на природному та рідкому паливі і поставляються комплектно із приладами автоматичного регулювання. У с.-г. застосовують стаціонарні теплогенератори, технічна характеристика яких наведена у таблиці 10.1.

Таблиця 10.1. Технічна характеристика стаціонарних теплогенераторів

Марка теплогенератора	Теплогенераторна потужність	Об'єм повітря, що нагрівається за годину, м ³	Температура нагрітого повітря, °С	ККД	Вид палива
ТГ-1А	116	600	45...48	87	Гас
ТГ-1,5	175	10000...14000	35...50	89	Пічне побутове
ТГ-1А	116	600	45...48	87	Гас
ТГ-1,5	175	10000...14000	35...50	89	Пічне побутове
ТГ-1,5	175	10000...14000	35...50	90	Природний газ
ТГ-2,5А	290	17000	50	89	Пічне побутове
ТГ-Ф-2,5Б	290	20000	50	91	Те саме
ГТГ-2,5А	290	17000	45...50	91	Природний газ

Теплогенератори ТГ-1А, ТГ-2,5А, ТГ-3,5 повністю автоматизовані. Вони відрізняються один від одного габаритними розмірами і тепловою потужністю. Теплогенератор ТГ-2,5А являє собою модернізований теплогенератор ТГ-2,5, який випускався раніше. Схема теплогенератора ТГ-2,5А наведена на рис. 10.1. Циліндричний корпус 4 виготовлений з жаростійкої сталі. У корпусі розміщені теплообмінник 3 та димохід. Повітря подається вентилятором 1, який приводиться у дію електродвигуном потужністю 3кВт. До корпусу прикріплена форсунка 6, паливний відстійник 7, станція керування процесом горіння 9 і датчик системи автоматики 5.

Паливо, що проходить через форсунку, одержує обертовий рух. Тим самим у камері згоряння забезпечується ретельне перемішування палива із повітрям. Паливо подається під тиском 0,89-1,37МПа через магнітний клапан і розпилувач. Кількість повітря, що надходить із паливом, регулюється повітряною заслінкою, розміщеною у корпусі форсунки. Об'єм повітря, що нагрівається, регулюється зміною кута повороту лопатей вентилятора.

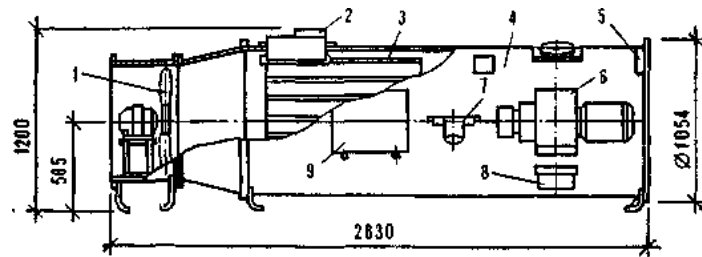


Рисунок 10.1. Теплогенератор ТГ-2,5А: 1 – головний вентилятор з електродвигуном; 2 – димова труба; 3 – теплообмінник; 4 – корпус; 5 – датчик системи автоматики; 6 – форсунка; 7 – паливний відстійник; 8 – трансформатор запалювання; 9 – станція керування

Таблиця 10.2. Технічна характеристика пересувних теплогенераторів

Марка теплогенератора або повітрянагрівача	Теплова потужність, кВт	Об'єм повітря, що нагрівається за 1 год, м ³	Температура нагріву повітря, °С	Витрата палива, кг/год
ТГП-400	116	6000	45	12
ТГП-1000	290	19500	45	30
ВПТ-400	350	25000	50	40
ВПТ-600	525	40000	50	60

Пересувні теплогенератори та повітропідігрівники мають колісний хід (ТГП-400) або полозки (ТГП-1000). Повітропідігрівник має теплообмінник, камеру згоряння, форсунку, дуттьовий вентилятор та електрообладнання. Вони змонтовані на рамі із пневматичним шасі (табл. 10.2).

Водонагрівники. Як децентралізовані автономні джерела теплопостачання у с.-г. застосовують водонагрівники. Найпоширеніші з них є ємкісні автоматизовані газові. Їх випускають трьох модифікацій: АГВ-50М, АГВ-80М, АГВ-120.

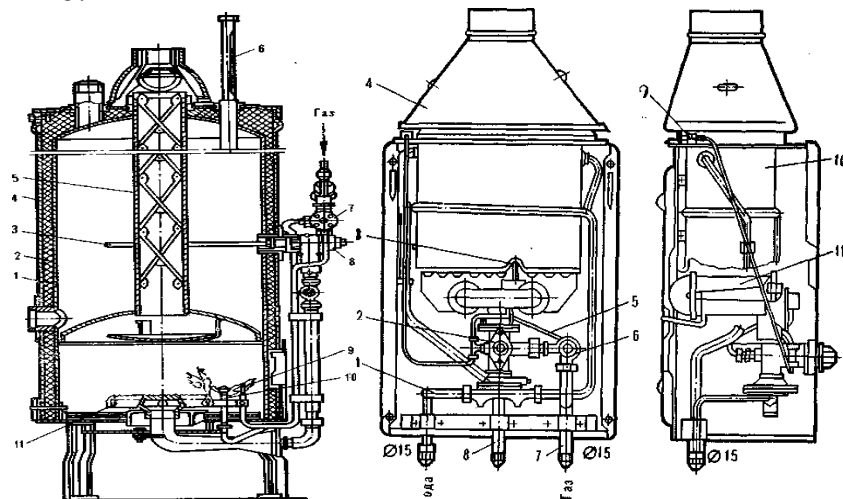


Рисунок 10.2. Автоматичний газовий водонагрівник АГВ-80М: 1 – резервуар; 2 – ізоляція; 3 – латунна трубка; 4 – кожух; 5 – жарова труба; 6 – термометр; 7 – електромагнітний клапан; 8 – терморегулятор; 9 – термопара; 10 – запальник; 11 – пальник

Водонагрівник АГВ-80М. наведено на рис. 10.2. Його циліндричний корпус вкритий ізоляційним шаром. Ізоляція захищена від зовнішніх впливів кожухом 4. У нижній частині водонагрівника знаходиться топка, обладнана

газовим пальником. Від топки відходить жарова труба, 5, вісь якої збігається із віссю резервуара водонагрівника. Чавунна насадка із отворами на дифузори змішувача призначена для рівномірного розподілу теплоти по всьому об'єму топки водонагрівника. Газ надходить через електромагнітний клапан 7. Полум'я запальника 10 нагріває термопари 9. Електромагнітний клапан, термопара і терморегулятор забезпечують як автоматичне регулювання, так і безпеку роботи водонагрівника. Якщо запальник погасне, спай термопари охолоне, не буде електрорушійної сили у ланцюгу, зникне магнітне поле, і клапан подачі газу закриється.

У с.-г. також застосовують опалювальні апарати АОТВ-15, АОТВ-17,5, АОЖВ, АОГВ, ВПГ (рис. 10.3). Опалювальний водонагрівник АОТВ працює на твердому, АОЖВ-20 – на рідкому, а АОГВ – на газоподібному паливі. Із твердих видів палива доцільно використовувати сортоване кам'яне вугілля, а з рідкого – пічне побутове.

Водонагрівники місцевого опалення рекомендується встановлювати в окремому приміщенні житлового будинку. Технічна характеристика водонагрівників і опалювальних апаратів наведена у табл. 10.3. У децентралізованих системах теплопостачання застосовують електричні водонагрівники.

Таблиця 10.3. Технічна характеристика

Марка	Ємкість, л	Теплова потужність, кВт	Поверхня нагріву, м ²	ККД, %	Витрата палива, кг/год (для газу м ³ /год)	Габаритні розміри			Маса, кг
						ширина	глибина	висота	
АГВ-50М	50	4,88	-	70	-	-	-	-	87
АГВ-80М	80	5,23	-	75	-	Діаметр 410	-	1540	40
АГВ-120	120	10,47	-	75	-	Діаметр 460	-	1600	100
АОТВ-15	50	17,5	-	65	2,15 (Антрацит)	445	680	1165	125
АОТВ-17	94	17,5	1,57	65	2,5 (Буре вугілля)	568	768	850	140
АОЖВ-9	-	10,4	-	65	-	-	-	850	-
АОЖВ-20	-	23,2	-	65...70	До 2,5	550	650	1440	160
АОГВ-6-3У	-	6,9	-	-	-	Діаметр 410	-	973	50
АОГВ-10-3У	-	11,6	-	-	-	Те ж	-	970	60
АОГВ-10-1У	-	11,6	0,9	80	1,2	Діаметр 400	-	850	60

Водонагрівач – пристрій для безперервного нагрівання води в місцевій системі водопостачання. Для нагріву води водонагрівач використовує рідке, тверде або газоподібний паливо, електроенергію або теплоносій від зовнішнього джерела енергії. За принципом дії водонагрівачі діляться на накопичувальні і проточні.

Накопичувальний водонагрівач. Накопичувальний водонагрівач, або бойлер (від англ. boiler) являє собою порівняно велику ємність з розміщеним в ній або, рідше, під нею, джерелом тепла. Нагрів може проводитися за допомогою парового або водяного теплообмінника – в ньому циркулює гаряча вода в замкнутому контурі, що нагрівається, наприклад, за допомогою опалювального котла. Такі бойлери називають бойлерами (водонагрівачами) непрямого нагріву.

Бойлер може також нагріватися за допомогою розміщеного всередині нього ТЕН або розташованої під нагрівальної ємністю газовим пальником. Існують також комбіновані моделі, що включають два або рідше більше видів нагрівальних елементів.

Водонагрівальна ємність зовні захищена шаром теплоізоляції і захисним кожухом. Зовні до нагрівального елемента приєднується пульт управління, обов'язково включає управління температурою. Зазвичай це біметалічний термостат. Нагрівання включається, коли термодатчик реєструє в баку температуру нижче встановленої. Розрізняють водонагрівачі закритого (напірного) і відкритого (безнапірного) типів.

Бойлер закритого типу можна використовувати в системі централізованого водопостачання декількох водорозбірних точок. Нагрівальна ємність в них виготовлена з металу (емальована сталь, нержавіюча сталь, мідь).

Для того, щоб уникнути пошкодження ємності через підвищення тиску, що виникає в результаті розширення води при нагріванні, разом з бойлером може застосовуватися розширювальний бак або група безпеки, яка складається з запобіжного, скидного і зворотних клапанів, при необхідності також доповнюється редуктором тиску, манометром, термозмішувачі. При підвищенні тиску вище номінального значення запобіжного клапана відкривається пружинна засувка, і зайва вода випускається в каналізацію. Зворотний клапан заважає розширенню воді, а, значить, володіє більш високим тиском порівняно з подається холодною водою, піти назад в холодну трубу. Група безпеки розміщується на вхідному патрубку безпосередньо на вході в бойлер. У сталевих баках для запобігання корозії застосовується катодний захист на підставі жертвовного анода, як правило, з магнію або цинку, або анода з зовнішнім живленням.

Бойлер відкритого типу може постачати тільки одну водорозбірну точку і тільки за допомогою спеціальної водорозбірної арматури (спеціальний змішувач). Основним принципом дії такої арматури є перекривання мережної води, що знаходиться під тиском, не на виході, а на вході в бойлер. Це дозволяє виготовляти ємність з менш міцних матеріалів, найчастіше пластмаси. Спеціальний змішувач також виконує роль групи безпеки, нацьковуючи в раковину надлишкову воду при розширенні під час нагрівання.

Проточний водонагрівач. У проточних водонагрівачах розмір бака сильно зменшений, так що нагрівальна ємність являє собою вузьку трубку. Це призводить до швидкого прогріву води за той час, поки вона протікає через нагрівальну ємність (теплообмінник). В якості нагрівального елемента можуть використовуватися ТЕН, неізольована спіраль, газова пальник і непрямий нагрів (трубка з гарячою водою розташовується усередині ємності з теплоносієм – кожухотрубний теплообмінник). Використовувати газові проточні водонагрівачі можливо тільки при наявності димоходу, який закладений при будівництві будинку згідно з проектом.

Існують проточні водонагрівачі закритого і відкритого типів. Проточники закритого типу можуть постачати кілька водорозбірних точок,

при цьому розширювальний бак і група безпеки не потрібні. Проточники відкритого типу можуть забезпечувати гарячою водою тільки одну водорозбірну точку з використанням спеціального змішувача.

Проточні газові водонагрівачі розрізняють за типом розпалювання. Основні застосування – це підпал газу від п'єзоелемента, від електронного блоку і від гідротурбіни.

Проточно-накопичувальний водонагрівач. Водонагрівачі електричні проточно-накопичувального типу мають невелику нагрівальну ємність, але все ж не таку маленьку, як у проточнику. Електричний нагрівальний елемент може комутувати на знижену і підвищену потужність, надаючи, таким чином, залежно від потреби, водонагрівача якості накопичувального або проточного приладу відповідно.

Газовий водонагрівач – пристрій для нагріву води за рахунок енергії згоряння газу з метою подальшого використання в технологічних, господарських, санітарно-гігієнічних або побутових цілях. В якості палива може використовуватися як природний газ, так і скраплений (балонний). По пристрою газові водонагрівачі діляться на проточні та накопичувальні. Проточний водонагрівач настінного типу часто звуть газовою колонкою.

Основною перевагою газових водонагрівачів є використання природного газу, який може бути найбільш економічно вигідним видом палива. Однак газ також є пожежо- і вибухонебезпечним, крім того, він шкідливий для дихання, тому несправний газовий водонагрівач може бути набагато небезпечніше несправного електричного. Також газові водонагрівачі вимагають наявності димоходу для відводу продуктів згоряння.

Проточний газовий водонагрівач. Проточний газовий водонагрівач призначений для миттєвого нагріву води. Водонагрівачі цього типу не мають бака, а вода нагрівається за прямоточною схемою, через теплообмінник, з допомогою газового пальника. У застарілих і в сучасних бюджетних моделях запалення пальника здійснюється від постійно палаючого газового палива, запалює сірник або п'єзоелементом; нагрівання регулюється в залежності від кількості протікає через теплообмінник води. У більш досконалих моделях використовується автоматичний електророзпалювач та електронне регулювання температури води на виході.

Газовий накопичувальний водонагрівач. Накопичувальні газові водонагрівачі (бойлери) по влаштуванню схожі з накопичувальними електроводонагрівачами, відрізняючись лише тим, що використовують для нагріву води газ, а не електрика. Об'ємні, дорогі і менш зручні накопичувачі потрібні лише там, де слабка газопідвідна лінія.

10.2. Типи вентиляторів та їх характеристики.

Вентиляторами називають гідравлічні машини, що призначені для переміщення повітря або інших газів при надлишковому тиску не більше 15кПа. За принципом дії вентилятори бувають радіальні (відцентрові) та осьові (табл. 10.4, 10.5). В останній час знаходять застосування модифікації радіальних вентиляторів – прямоточні, смерчові, дискові, вихрові,

діаметральні. Найширше в сільськогосподарському виробництві застосовують відцентрові та осьові вентилятори. Відцентрові вентилятори (рис. 10.3) використовують для подачі повітря під великими напорами, а осьові – при малих напорах, але великих подачах. Залежно від створюваного надлишкового тиску вентилятори поділяють на три групи: низького тиску – до 1 кПа; середнього – 1-3 кПа; високого тиску – 3-15кПа. Цей поділ є, до певної міри, умовним, оскільки залежно від частоти обертання робочого колеса один і той же вентилятор може відноситись до двох суміжних груп.

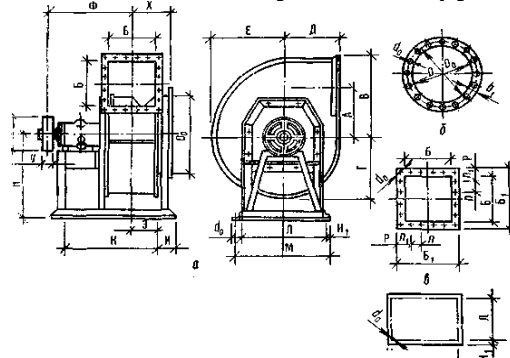


Рисунок 10.3. Відцентровий вентилятор Ц4: а – загальний вигляд; б, в – фланці відповідно вхідного і вихідного патрубків; г – розміщення фундаментних болтів

Таблиця 10.4. Технічна характеристика осьових вентиляторів типів МЦ

Тип та номер вентилятора	Подача L_o , тис. $\cdot \text{м}^3/\text{год}$	Діаметр робочого колеса, мм	Повний тиск P_o , Па	Частота обертання, хв.^{-1}	Потужність електродвигуна, кВт	Маса, кг
МЦ №4	1,5-6,5	400	70-330	1440	0,3	22
МЦ №5	4,5-7,0	500	60-120	1440	0,4	27
МЦ №6	8,0-14,0	600	100-180	1440	1,0	56
МЦ №7	12-19	700	120-230	1440	2,0	64
МЦ №8	18-27	800	200-300	1440	3,5	159
МЦ №10	24-35	1000	160-210	960	3,5	265
МЦ №12	30-48	1200	100-170	720	3,5	270

Таблиця 10.5. Технічна характеристика вентиляторів типу ВО

Показники	Тип вентилятора		
	ВО-4	ВО-5,6	ВО-7
Марка комплекту	Клімат-44	Клімат-45	Клімат-47
Кількість вентиляторів у комплекті, шт.	24	18	10
Подача, тис. $\cdot \text{м}^3/\text{год}$:			
- без жалюзі (статичний тиск дорівнює нулю)	2,9	6,0	11,3
- із жалюзі (статичний тиск дорівнює 200 кПа)	2,4	5,0	9,3
Повний тиск, Па	42,14	42,14	44,1
Діаметр робочого колеса, мм	400	560	700
Марка комплекту	Клімат-44	Клімат-45	Клімат-47
Частота обертання, хв.^{-1} :			
- максимальна	1410	900	960
- мінімальна	780	190	190
Тип електродвигуна	АПВ0714	Д80В6П	Д1006П
Потужність електродвигуна, кВт	0,25	0,37	1,1
Габаритні розміри, мм:			
ширина	595	730	930
висота	595	730	930
глибина	350	455	475
Маса, кг	16	25	50

Типорозмір вентилятора вибирають залежно від розрахункових величин подачі, напору, а також з врахуванням фізико-хімічних характеристик газового середовища, в якому працює вентилятор.

10.3. Калорифери. Класифікація, будова та компоновка калориферів

Калорифери можуть підрозділятися за типами, а саме це можуть бути парові, водяні і електричні калорифери. В даному випадку розглядатися буде такий тип калориферів, як калорифер водяного типу дії. В основному водяні калорифери застосовуються там, де площа приміщення має значні розміри, наприклад на великих складах, в магазинах великої площі, на підприємствах. Гарні даного виду калорифери тим, що не вимагають великих витрат електричної енергії, оскільки принцип їх дії заснований на воді, яка за допомогою нагрівання, видає проходить по калориферу тепла за рахунок гарячої води повітря. Перевагою цього обладнання є ще й те, що габарити не відрізняються великими розмірами, а отже не вимагають багато місця для їх розміщення. Водяні калорифери володіють надзвичайно високим рівнем продуктивності. Такі якості у досягаються завдяки великому діапазону температур, перепад яких створює калорифер, дані параметри коливаються в межах від сімдесяти до ста десяти градусів. конструкція калорифера має вигляд металевого корпусу з ребреною поверхнею.

Температура води для продуктивної і безперебійної роботи калорифера водяного типу не повинна перевищувати ста вісімдесяти градусів, належний догляд і спостереження за всіма функціями і виконуваними роботами калориферів, що значно збільшує термін його служби. При використанні водяного калорифера, необхідно дотримання державного стандарту, який регламентує рівень допустимого забруднення повітря агресивними хімічними речовинами і пиловими частками. В іншому випадку, при перевищенні допустимих норм, частини калорифера можуть прийти в несправність і надалі в непридатність. Калорифери застосовують для нагріву повітря в системах вентиляції та повітряного обігріву. Як гріюче середовище використовують гарячу воду або її пару, а також електричні нагрівники різних типів. У конструктивному відношенні водяні та парові калорифери поділяють на типи: радіаторні, гладкотрубні (рис. 10.4); пластинчасті; оребрені (рис. 10.5).

Калорифери, змонтовані з радіаторів, використовують для нагріву невеликих об'ємів повітря в системах самопливної вентиляції. Гладкотрубні калорифери мають великий об'єм, низькі коефіцієнти теплопередачі гріючих поверхонь. У сільськогосподарському виробництві широко застосовують пластинчасті та оребрені калорифери, вони компактні, зручні при монтажу та обслуговуванні. Ці калорифери бувають середньої та великої потужності. Калорифери типу С мають по напрямку руху повітря три ряди труб, а калорифери типу В – чотири ряди. Калорифер є одноходовим, якщо теплоносій рухається по всіх трубах паралельно і багатоходовим – при послідовному руху теплоносія. Для одноходових калориферів теплоносієм може бути як вода, так і пара з тиском до 0,8 МПа, а для багатоходових – вода.

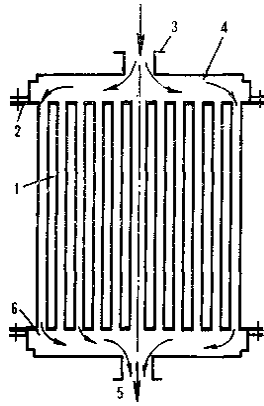


Рисунок 10.4. Гладкотрубний калорифер: 1 – нагрівальні труби; 2 – трубні решітки; 3 – вхідний штуцер; 4 – розподільна коробка; 5 – вхідний штуцер; 6 – збірна коробка

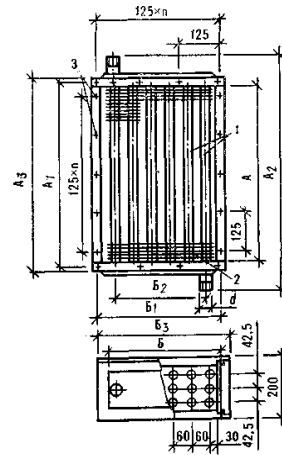


Рисунок 10.5. Калорифер одноходовий пластинчастий: 1 – нагрівні труби; 2 – нагрівальні пластини; 3 – овальні отвори $9 \times 1,5 \text{ мм}$

Промисловість випускає сталеві одноходові пластинчасті калорифери КВБ, КФС, КЗПП – середньої потужності та КФБ, КЧПП – великої потужності; сталеві спірально-навивні одноходові калорифери КФСО – середньої та КФБО та КЧПС – великої потужності; сталеві спірально-навивні багатоходові калорифери КНС, КЗБП – середньої та КНБ, КЧВТ – великої потужності. Калорифери КСК3-02ХПЗА та КСК4-02ХПЗА мають відповідно 3 та 4 ряди біметалевих трубок зі спіралью-навивним оребренням. Ці калорифери працюють на воді температурою до 180°C та тиском до $1,2 \text{ МПа}$. Випускаються також сталеві пластинчасті калорифери з плоскоовальними трубками типу СТД-3009В (одноходові) та СТД-3010В (багатоходові), котрі працюють тільки на воді. Площа поверхні нагріву в них змінюється від $9,6 \text{ м}^2$ (№2) до $74,2 \text{ м}^2$ (№ 14). Схема компонування калориферів може бути паралельною або послідовною (рис. 10.6).

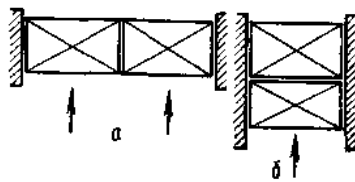


Рисунок 10.6. Схема калорифера: а – паралельна; б – послідовна

Для вибору водяного або парового калорифера необхідно знати витрату повітря, яке потрібно підігрівати, а для перевірки його теплопродуктивності – кількість теплоти, необхідної для підігріву заданої кількості повітря.

Питання для самоконтролю

1. Які існують типи калориферів?
2. Для чого призначені калорифери?
3. Як класифікуються вентилятори?
4. Що таке водонагрівач?
5. Для чого призначені теплогенератори?

ЛЕКЦІЯ 11. ГАЗОПОСТАЧАННЯ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

План

- 11.1. Споживачі. Норми та режими споживання газу.
- 11.2. Системи постачання природним газом.
- 11.3. Газопроводи та їх обладнання.

11.1. Споживачі. Норми та режими споживання газу

У сільській місцевості газ витрачається на опалення та гаряче водопостачання житлових, адміністративних, громадських і виробничих будівель та споруд, господарські (приготування їжі та нагрівання води) і комунально-побутові (лазні, пральні, їдальні, дитячі, лікувальні та інші заклади) потреби, а також у технологічних процесах. Найбільшими споживачами газу в с.-г. виробництві є тепличні комбінати, тваринницькі та птахівницькі комплекси. Газ використовують також для сушіння зерна та інших сільськогосподарських продуктів, у майстернях (паяння, зварювання, різання металів тощо), для ремонту асфальтових доріг, прокладання теплотрас та ін.

Систему газопостачання розраховують на максимальну годинну витрату газу. Питомі максимальні витрати газу залежать від чисельності населення та густоти житлової забудови. Для селищ (сіл) з чисельністю населення 700-2000 чол. та густотою житлової забудови 150-960 м²/га питома максимальна витрата газу коливається в межах 0,7-1,6 м³/(год-чол), у тому числі на господарські та комунально-побутові потреби – 0,1-0,16 м³(год-чол). При відсутності гарячого водопостачання норми знижують на 25%. У селах старої забудови з чисельністю населення до 500 чол. витрата газу не перевищує 400 м³/год. Основою для розробки системи газопостачання є сумарна величина споживання газу за рік, яку визначають за чисельністю населення в селищі (селі) та нормами газоспоживання на одного мешканця. За даними СНиП 2.04.08-87 наведені норми витрат газу. Річна витрата газу $V_{оп}$, м³, на опалення житлових та громадських будівель визначається за формулою:

$$V_{оп} = \frac{a q_{оп} (t_{вн} - t_{з.е.оп}) V_з \cdot 24 \cdot Z_{оп}}{Q_H^p \eta} \quad (11.1)$$

де a – коефіцієнт, що залежить від розрахункової зовнішньої температури (при $t_з = -10^\circ\text{C}$, $a = 1,45$; при $t_з = -20^\circ\text{C}$, $a = 1,17$; при $t_з = -30^\circ\text{C}$, $a = 1,0$; при $t_з = -40^\circ\text{C}$, $a = 0,9$); $q_{оп}$ – питома опалювальна характеристика будівлі, кДж/(м³·год·К); $t_{вн}$ – розрахункова температура повітря в приміщенні, °С; $t_{з.е.оп}$ – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період, °С (СНиП 2.01.01-82); $V_з$ – зовнішній будівельний об'єм спалюваного приміщення, м³; $Z_{оп}$ – тривалість опалювального періоду, діб; Q_H^p – теплота згоряння газу, кДж/м³; η – ККД опалювального пристрою (для котельних установок $\eta = 0,8-0,85$; для опалювальних печей $\eta = 0,65-0,8$).

Тривалість опалювального періоду для житлових приміщень визначають як період з температурами зовнішнього повітря, що не

перевищують $+10^{\circ}\text{C}$, а для лікувально-профілактичних та дитячих закладів $+8^{\circ}\text{C}$. В інших випадках $Z_{\text{оп}}$ визначають згідно СНиП 2.01.01-82.

Річну витрату газу на вентиляцію $V_{\text{в}}$, м^3 , громадських та виробничих будівель знаходять за формулою:

$$V = \frac{q_{\text{в}}(t_{\text{вн}} - t_{\text{з.е.в}})V_{\text{з}} \cdot 24 \cdot Z_{\text{оп}}}{Q_{\text{н}}^{\text{р}} \eta} \quad (11.2)$$

де $q_{\text{в}}$ – питома вентиляційна характеристика будівлі, $\text{кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{год} \cdot \text{K})$; $t_{\text{з.е.в}}$ – середня температура зовнішнього повітря для розрахунку вентиляції, $^{\circ}\text{C}$. Для розрахунків допустимо приймати $t_{\text{з.е.оп}} = t_{\text{з.е.в}}$.

Величину $q_{\text{в}}$, $\text{кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{год} \cdot \text{K})$ приймають залежно від функціонального призначення будівлі: адміністративні будівлі – 0,736; клуби, будинки культури – 0,837; магазини – 0,419; поліклініки, амбулаторії – 1,04; лікарні – 1,256; установи громадського харчування, гаражі – 2,930; дитячі дошкільні заклади – 0,42; школи – 0,325. Незалежно від призначення будівлі в першому наближенні можна приймати $g_{\text{в}} = 0,83\text{--}0,8 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{год} \cdot \text{K})$. Річну витрату газу підприємствами комунально-побутового обслуговування приймають рівною 5% сумарної витрати в житловій забудові.

Таблиця 11.1. Витрата газу на 1м^2 площі житлового приміщення за опалювальний період

Теплота згоряння газу $\text{кДж}/\text{м}^2$	Середня температура зовнішнього повітря, м^3								
	5	3	1	0	-1	-2	-4	-6	-8
32600	23,3	26,9	30,5	32,2	34,1	35,9	39,5	43,1	46,6
34300	22,2	25,6	29,0	30,7	32,4	34,1	37,6	41,0	44,4
36000	21,2	24,4	27,7	29,3	30,9	32,6	35,8	39,1	42,3

Питома витрата газу залежить від кліматичного поясу та характеристик споживача теплоти. Споживання газу характеризується сезонною (місячною), добовою та годинною нерівномірністю. Приклад добового графіка споживання газу наведений на рис. 11.1.

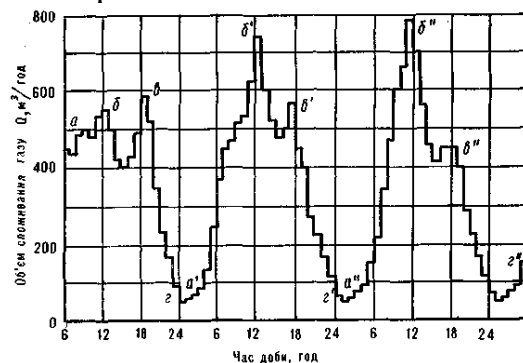


Рисунок 11.1. Добовий графік споживання газу: а-г – по робочим дням; а'-г' – по суботам; а''-г'' – по неділям

Річний графік споживання газу населеним пунктом будують на основі річних графіків усіх категорій споживачів. Сезонна нерівномірність зумовлюється, головним чином, додатковими витратами газу на опалення в холодну пору року, а також зменшенням його споживання та комунально-побутові потреби в літній період. Нерівномірність газоспоживання оцінюють

коефіцієнтом нерівномірності споживання. Максимальне значення коефіцієнта добової нерівномірності газоспоживання $K_{д.н.}$ становить 1,25-1,3.

11.2. Системи постачання природним газом.

Залежно від тиску газу в системах розрізняють газопроводи: високого тиску I категорії – при робочому тиску 0,6-1,2 МПа природного газу та газоповітряних сумішей, або 0,6-1,6 МПа зріджених вуглеводневих газів; високого тиску II категорії – при робочому тиску від 0,3 МПа до 0,6 МПа; середнього тиску – при робочому тиску від 0,005 МПа до 0,3 МПа; низького тиску – при робочому тиску газу до 0,005 МПа.

Розподільні газові мережі, що транспортують газ від газорозподільного пункту до споживачів можуть бути кільцевими, радіальними або тупиковими. Можливий і комбінований – радіально-кільцевий варіант компонування розподільної мережі. Газопостачання може бути централізованим або місцевим. Для централізованого використовують природний газ, а для місцевого – зріджені вуглеводневі гази. При централізованому газопостачанні газ надходить до ГРП від магістрального газопроводу по міжселищних газопроводах та газопроводах відводів.

Якщо селище або село прилягає до газифікованої міської території, то найчастіше використовують міські газопроводи високого або середнього тиску. В тих випадках, коли відстань від міської системи газопостачання становить більше 10 км, рекомендується будувати відводи від магістральних газопроводів із газорозподільними станціями (ГРС). У цьому випадку відвід проектується на високий тиск (1,2 МПа) і він обслуговує один або кілька населених пунктів у радіусі 15-25 км.

На практиці застосовують одно- та двоступінчасті системи розподілу газу. У першому випадку споживачу подають газ середнього (до 0,3 МПа) та низького (до 0,005 МПа) тиску. В другому випадку – середнього та низького, або високого (0,3-0,6 МПа) та низького тиску.

При невеликій щільності житлової забудови та великих об'ємах газоспоживання, як правило, застосовують одноступінчасті системи, що дозволяє значно знизити металоемкість газових мереж.

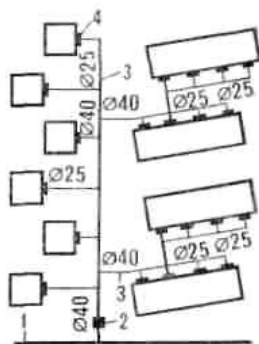


Рисунок 11.2. Схема газопостачання із використанням комбінованих регуляторів тиску: 1 – газопровід високого тиску (від ГРС); 2 – комбінований регулятор з вихідним низьким тиском; 3 – газопровід середнього тиску; 4 – комбінований регулятор з вихідним низьким тиском

При значних віддальх між населеними пунктами в кожному з них споруджують ГРС або автоматичну газо-розподільну станцію (АГРС).

Якщо в системі газопостачання є газопроводи різних тисків, то зв'язок між ними встановлюється через газорегулюючі пункти або установки. ГРС та

ГРП є важливими елементами систем газопостачання. Схема середнього тиску газу в розподільній мережі та будинковими регуляторами тиску (рис. 10.2) найбільш доцільна з економічної точки зору і тому досить широко застосовується на практиці.

11.3. Газопроводи та їх обладнання

За розміщенням відносно поверхні землі газопроводи поділяють на підземні (підводні), наземні та надземні (надводні).

За призначенням газопроводи бувають: розподільні, що подають газ від джерела газопостачання до газопроводів високого та середнього тисків, призначених для газопостачання конкретних об'єктів; газопроводи-відводи, що йдуть від розподільного газопроводу до вимикального пристрою на ввіді; ввідні – від вимикального пристрою на ввіді до внутрішнього газопроводу; міжселищні, котрі розміщені за межами території населених пунктів. Останні, іноді, також називають розподільними.

Для монтажу систем газопостачання на селі, здебільшого, використовують сталеві труби, рідше – поліетиленові. Газові мережі обладнують приладами для вимірювання тиску та витрати газу, пристроями зв'язку, сигналізації, телекерування та автоматизації.

Контрольно-вимірювальні пункти встановлюють на підземних газопроводах для вимірювання поляризаційного потенціалу між газопроводом та землею, а також параметрів електрохімічного захисту. В межах селищ такі пункти розміщують з інтервалами не більше 200 м, а за їх межами – не більше 500 м. Контрольно-вимірювальні пункти слід розташовувати у тих місцях, де газопроводи перетинаються з іншими підземними металевими комунікаціями (крім силових кабелів), з рейковими шляхами електрифікованого транспорту, при переході газопроводу через водні перешкоди шириною від 75 м.

На поліетиленових газопроводах установлюють ту ж арматуру та обладнання, що й на сталевих. При прокладці газопроводів керуються правилами та рекомендаціями, викладеними в СНиП 2.04.08-87.

Арматура газопроводів – це різного типу засувки, крани, гідравлічні затвори, конденсатозбірники, компенсатори тощо.

Для вмикання, вимикання, регулювання витрати, зміни тиску застосовують запірну та дросельну арматуру. Перша служить для герметичного відокремлення однієї ділянки газопроводу від іншої, друга – для зміни прохідного перерізу газопроводу.

Як запірну арматуру використовують різного типу засувки, а також крани з примусовим змащенням та прості поворотні. Поворотні крани бувають натяжними, сальниковими та самоущільнюючі. Поворотні крани застосовують, як правило, на наземних допоміжних лініях (вводи, скидні газовідводи тощо) та внутрішньооб'єктових газопроводах.

Гідравлічний затвор виконує функції запірною пристрою та збірника конденсату. Він являє собою ємкість з відводами для приєднання до газопроводу.

Конденсатозбірник призначений для збирання та видалення води з газопроводу. Його встановлюють у низинних точках газопроводу. Компенсатори служать для компенсації лінійних видовжень (скорочень) газопроводу, викликаних зміною його температури. Розрізняють тарілчасті, лінзові, ліроподібні та П-подібні компенсатори. На підземних ділянках газопроводів найчастіше встановлюють лінзові компенсатори, а на наземних та надземних – П-подібні.

Газорегуляторні пункти (ГРП) та установки (ГРУ) служать для зниження тиску газу та автоматичного підтримання його на заданому рівні, а також для припинення подачі газу при підвищенні його тиску понад допустиму норму.

У системах газопостачання сільських населених пунктів досить часто використовують шафові ГРП. Вони випускаються промисловістю комплектними, тобто в металевих шафах розміщують крім обладнання ГРП ще й арматуру та контрольно-вимірювальні прилади (КВП). Не дозволяється спорудження ГРП у підземних, підвальних та напівпідвальних приміщеннях.

Приміщення ГРП обладнують комплектом протипожежного інвентаря.

Запобіжний запірний клапан встановлюють перед регулятором тиску. Через імпульсну трубку він з'єднаний з газопроводом кінцевого тиску. При підвищенні або зниженні тиску в газопроводі (після регулятора тиску) зверх допустимого значення запірний клапан відключає подачу газу. Запобіжно-запірні клапани поділяють на клапани низького та високого тиску.

Скидні запобіжні пристрої на відміну від запобіжно-запірних клапанів не перекривають подачу газу, а лише скидають частину його в атмосферу, зменшуючи тим самим, тиск газу. Запобіжно-скидні пристрої бувають гідравлічними (гідрозатвор), пружинними та мембранно-пружинними. Гідрозатвори встановлюють на підземних газопроводах низького тиску.

Фільтри, що встановлюють на ГРП та ГРУ для очистки газу від пилу, іржі та інших механічних домішок, бувають трьох типів: сітчасті (ФС), касетні волосяні (ФВ) та вісцинові з кільцями Рашига. Останні розміщують на великих ГРП та газопроводах високого тиску.

Контрольно-вимірювальні прилади (КВП), що встановлюються на ГРП та ГРУ, служать для контролю за режимом роботи обладнання, вимірювання температури, тиску, витрати газу. Термометри, манометри, витратоміри можуть бути як показуючими, так і реєструючими, лічильники – реєструючими. Прилади встановлюють безпосередньо в місці вимірювання або на окремому приладовому щиті. КВП повинні мати вибухобезпечне виконання (особливо, електрифіковані).

Питання для самоконтролю

1. Хто є основними споживачами газу в сільському господарстві?
2. Наведіть основне обладнання для забезпечення газопостачання.
3. Для чого складають добовий графік споживання газу?
4. Від чого залежать показники споживання газу?

ЛЕКЦІЯ 12. ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ГАЗУ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

План

- 12.1. Застосування газу в тепличному господарстві.
- 12.2. Газове опалення тваринницьких та птахівницьких приміщень.
- 12.3. Застосування газу для сушіння продуктів сільського господарства.

12.1. Застосування газу в тепличному господарстві

Для обігріву теплиць газом застосовують системи трьох типів: безпосереднього обігріву продуктами згоряння; опосередкованого з видаленням продуктів згоряння в атмосферу; комбінованого обігріву (комбінацію двох попередніх систем). Газопостачання теплиць здійснюють від магістральних газопроводів, якщо відстань до них не перевищує 25 км, або від систем газопостачання газифікованих населених пунктів, віддалених від тепличних господарств не більше 10 км.

У системах безпосереднього обігріву теплиць продуктами згоряння застосовують теплогенератори, опалювально-вентиляційні агрегати, мікрофакельні пальники, пальники інфрачервоного випромінювання, газові світильники. Системи безпосереднього газового обігріву мають ряд суттєвих переваг перед традиційними. Вони мають високу паливну економічність, низьку металомісткість. При їх використанні відпадає необхідність у дорогих котельних та теплових мережах, легше вирішуються питання автоматизації та керування тепловим режимом у теплицях. Крім того, підвищення концентрації вуглекислого газу в теплицях, що викликане безпосереднім спалюванням газу, інтенсифікує процеси фотосинтезу. Однак, цей спосіб має ряд недоліків: при неправильній експлуатації теплогенеруючих апаратів не виключено виділення в приміщення теплиці шкідливих продуктів неповного згоряння газу (окисли вуглецю, азоту тощо); нерівномірний розподіл теплоти по площі теплиці, особливо, при використанні мікрофакельних пальників. Теплогенератори типу ТГ, УТГО-350, УТГО-250М, УТГО-2М потужністю 220-460кВт використовують переважно для обігріву весняних теплиць.

Застосування газових теплогенераторів безпосереднього обігріву обмежено у зв'язку з їх низькими санітарно-гігієнічними показниками стосовно обслуговуючого персоналу теплиць. Для повітряного обігріву теплиць служать повітрянагрівники.

У теплицях встановлюють опалювально-вентиляційні агрегати, за допомогою яких поєднуються безпосередній та опосередкований способи обігріву. Вони забезпечують одночасний нагрів повітря в теплиці та води, що використовується для обігріву ґрунту, зволоження повітря, поливу, а також вуглекислотне підживлення рослин.

Промисловість випускає опалювально-вентиляційні агрегати ОВА-350. Розміщують агрегати ОВА в торцях теплиці (по одному з кожного боку) площею до 860 м². Для додаткового або аварійного обігріву зимових теплиць, а також для обігріву весняних теплиць можна використовувати мікрофакельні пальники МОФ-2, ГТУ, ГТУА, розміщуючи їх по периметру теплиць.

Пальники інфрачервоного випромінювання працюють за принципом безполум'яного спалювання газу на поверхні пористої вогнетривкої насадки.

Вуглекислотне підживлення рослин у теплицях виконують кількома способами. Про один з них вже згадувалось при розгляді безпосереднього способу обігріву теплиць. Але в ньому вуглекислотне підживлення виступає як процес супутній основному – процесу обігріву теплиці. Промисловість випускає спеціалізовані газоспалюючі агрегати для вуглекислотного підживлення рослин у теплицях. Це газогенератори ЭРА-15-Н та УГ-6. При підживленні рослин вуглекислим газом, що утворюється за рахунок спалювання природного газу не слід перевищувати гранично допустимих концентрацій шкідливих компонентів продуктів згоряння в повітрі теплиць, мл/м³: окис вуглецю – 20; аміак – 20; окис азоту – 5; сірчаний ангідрид – 10; формальдегід – 0,5. Для підживлення рослин можна також використовувати відпрацьовані димові гази котельних, що працюють на природному газі. Але така система підживлення має бути обладнана автоматикою захисту людей та рослин від надмірної концентрації шкідливих компонентів димових газів (особливо, чадного газу).

12.2. Газове опалення тваринницьких та птахівницьких приміщень

Розрізняють такі способи газового опалення тваринницьких ферм та птахівницьких комплексів: центральне, місцеве повітряне та за допомогою газових пальників інфрачервоного випромінювання. Центральне опалення тваринницьких приміщень проводять від газифікованих опалювальних котелень. У кормоцехах для запарювання кормів, нагріву води, теплової обробки харчових відходів застосовують газові парові котли низького тиску.

Газові повітрянагрівники, що призначені для повітряного опалення приміщень, обладнують автоматикою безпеки та регулювання. Автоматика регулювання забезпечує двоступеневе регулювання теплової потужності по температурі повітря в опалюваному приміщенні. Застосовування газових пальників інфрачервоного випромінювання зручно для локального обігріву невеликих ділянок у приміщеннях великого об'єму.

Опалювальні системи з газовими пальниками інфрачервоного випромінювання для роботи без постійного нагляду обслуговуючого персоналу обладнують автоматикою, що забезпечує припинення подачі газу у випадку загасання полум'я пальника. При напільному утриманні птиці застосовують інфрачервоні випромінювачі для створення локальних зон підвищеного теплового режиму для молодняка. Газові інфрачервоні пальники поміщають у зонти-відбивачі або так звані брудери. Наприклад, брудер Б-3 має як джерело теплоти інфрачервоний газовий обігрівник.

12.3. Застосування газу для сушіння продуктів сільського господарства

Застосування газу в сушильних установках має ряд технологічних та економічних переваг перед твердим та рідким паливом. Оскільки продукти згоряння газу, як правило, не мають запаху та механічних домішок, то сушіння

в газових сушарках можна провадити без теплообмінників, безпосередньо сумішню продуктів згоряння газу з повітрям.

У топках зерносушарок середньої продуктивності застосовують газові пальники низького тиску (до 5 кПа). У топках зерносушарок великої продуктивності встановлюють пальники середнього тиску. Пальники середнього тиску використовують також при переводі з рідкого палива на газ сушарок, обладнаних форсунками Ф-4. Кількість пальників залежить від продуктивності сушарки. Розміщують пальники рівномірно по фронту топки.

Газопровід до споруди сушарки прокладають під землею. У приміщенні, де розміщена топка, на горизонтальній ділянці газопроводу встановлюють контрольно-вимірювальні прилади, що передбачені Правилами експлуатації газових пальників.

Питання для самоконтролю

1. Яким чином використовується газоподібне паливо в тепличному господарстві?
2. Як використовується газоподібне паливо в сільському господарстві?
3. Чи ефективно використовувати газ для сушіння с.-г. продукції?

ЛЕКЦІЯ 13. СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

План

- 13.1. Класифікація споживачів теплоти.
- 13.2. Підбір котлів.
- 13.3. Графіки теплового навантаження.

13.1. Класифікація споживачів теплоти

Теплове споживання – це використання теплової енергії для різноманітних потреб.

Споживачів теплоти у сільському господарстві поділяють на дві групи: виробничі та комунально-побутові. До виробничих споживачів теплоти відносяться: тваринницькі, рослинницькі, міжколгоспно-радгоспні підприємства, об'єкти загального виробничого призначення.

Комунально-побутові споживачі використовують теплоту для опалення, гарячого водопостачання та інші потреби. Із загальної кількості теплоти, вироблюваної у сільському господарстві, 65-70% використовуються для потреб сільського населення.

Згідно із призначенням споживачів теплоти поділяють на: опалювальні, вентиляційні, технологічні, гаряче водопостачання тощо. Залежно від характеру зміни у часі теплові навантаження споживачів поділяють на сезонні та цілорічні. Сезонними споживачами теплоти є опалення, вентиляція та кондиціонування повітря. Основний вплив на величину і характер зміни сезонного теплового навантаження чинить температура зовнішнього повітря. Через невелику, як правило добову, зміну температури і значну акумулюючу здатність споруди, витрата теплоти протягом доби у сезонних споживачів змінюється відносно мало (рис. 13.1).

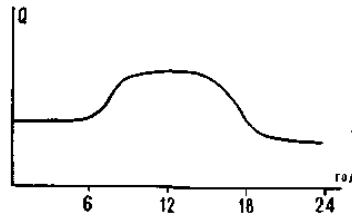


Рисунок 13.1 Добовий графік сезонного опалювального навантаження

Річний графік сезонних споживачів, навпаки, має різко перемінний характер: найбільша витрата теплоти у найхолодніші місяці (грудень, січень, лютий) і нульова витрата у літній період (рис. 13.2). Влітку теплота частково може бути використана для вироблення холоду в абсорбційних холодильних установках. До цілорічних відносять технологічні споживачі і гаряче водопостачання комунально-побутових споживачів. Деякі галузі промисловості, зокрема пов'язані із переробкою сільськогосподарської продукції, мають сезонний характер.

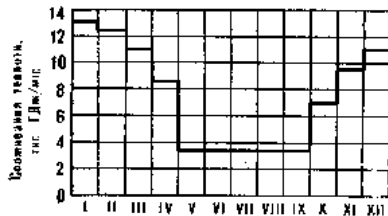


Рисунок 13.2. Річний графік опалювального навантаження

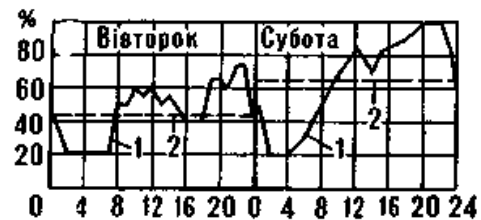


Рисунок 13.3. Безрозмірний графік витрати теплоти на гаряче водопостачання: 1 – по годинам доби; 2 – середньодобовий.

Технологічне навантаження і гаряче водопостачання мало залежать від зовнішньої температури. Проте річні графіки технологічного навантаження гарячого водопостачання певною мірою залежать від періоду року. Влітку теплове споживання менше, ніж узимку через більш високі температури, перероблюваної сировини, а також менші значення тепловтрат теплопроводів. Добовий графік теплоспоживання для технологічних потреб і гарячого водопостачання має перемінний характер. Приклади добових графіків витрати теплоти на гаряче водопостачання наведені на рис. 13.3.

13.2. Підбір котлів.

При заданому виді теплоносія, роді палива і способі спалювання вибір котлів залежить від теплової потужності, що визначається для зимового та літнього періодів року. У холодний період розрахункова тепла потужність дорівнює сумі максимальної теплової потужності системи опалення, вентиляції, гарячого водопостачання та витрати теплоти на технологічні потреби. У літній період розрахункова потужність складається з максимальних значень споживання теплоти на гаряче водопостачання та технологічні потреби. Підбір котлів здійснюють за розрахунковою максимальною тепловою потужністю для зимового періоду:

$$\Phi_{\text{вст}} = 1,2\Phi_{\text{п.а}} \quad (13.1)$$

де $\Phi_{\text{вст}}$ – сумарна тепла потужність всіх котлів, встановлених у котельні, кВт; $\Phi_{\text{п.а}}$ – сумарне теплопостачання взимку, кВт.

При виборі котлів керуються таким: кількість котлів не повинна бути менше двох і більше шести (остання кількість відноситься до чавунних котлів); рекомендується встановлювати однотипні котельні агрегати із однаковою продуктивністю; резервні котли не встановлюються; у випадках, коли теплове навантаження коливається незначно, віддають перевагу котельним агрегатам і великою одиничною продуктивністю, що веде до меншої кількості котлів у котельні; допускається робота котлів із перевантаженням або недовантаженням, що не перевищує 25% номінального.

За відомого значення теплової потужності котла кількість котлів у котельні визначають за формулою:

$$m = \frac{\Phi_{\text{вст}}}{\Phi_{\text{к}}} \quad (13.2)$$

Теплову потужність парових котлів знаходять із виразу:

$$\Phi = 0,278(h_{\text{п}} + h_{\text{ж.в}})D \quad (13.3)$$

де D – паропроductивність, кг/год.

Підбір котлів здійснюють також за площею поверхні нагріву, котру для водогрійних та парових котлів низького тиску (із надлишковим тиском до 68,7кПа) визначають за формулою:

$$\sum A_{\text{к}} = \frac{\Phi_{\text{вст}}}{\Phi/A_{\text{к}}} \quad (13.4)$$

де $\Phi/A_{\text{к}}$ – питома теплове напруження поверхні нагріву котлів, кВт/м².

Для парових котлів високого тиску:

$$A_{\text{к}} = \frac{(1,1 \dots 1,2)D_{\text{р.н}}}{D/A_{\text{к}}} \quad (13.5)$$

де $D_{\text{р.н}}$ – розрахункова кількість нормальної пари. $D_{\text{р.н}} = D(h_{\text{п}} - h_{\text{пер}})/2680$; 2680 – ентальпія нормальної пари, кДж/кг; $D/A_{\text{к}}$ – напруження поверхні нагріву по нормальній парі (так зване парознімання), кг/(м²·год).

Після вибору типу установки і підбору котлів складають теплову схему, на якій зображають основне та допоміжне обладнання, а також трубопроводи водяної пари, води та конденсату. У теплових схемах водогрійних, а також виробничих парових установок застосовують одноконтурну схему (контур первинного носія). Для теплопостачання опалювально-виробничих споживачів від парових котлів передбачають двоконтурну схему. У вторинному контурі циркулює мережна вода, котра підігрівається у мережних теплообмінних апаратах парою, що виробляється у котлах.

13.3. Графіки теплового навантаження.

Особливість споживання теплоти у сільському господарстві – її нерівномірність протягом року і, отже, відносно короткочасне використання теплової потужності обладнання систем теплопостачання. Для раціональної експлуатації системи теплопостачання необхідно знати величину і характер зміни теплового навантаження. Із цією метою визначають закономірності зміни навантаження протягом доби, сезону і року і будують графіки.

Виробництво і розподіл теплоти у сільському господарстві здійснюється на основі графіків теплових навантажень. При побудові графіків добових навантажень враховують технологію виробництва і режим робочого дня.

Сезонне теплове навантаження має практично постійний добовий і різко перемінний річний графіки (рис. 13.1 та 13.2). Цілорічне навантаження характеризується постійним річним та різкоперемінним добовим графіком (рис. 13.3). Ці закономірності властиві також графікам для с.-г. споживачів.

Графік зміни витрати теплоти на опалення будівлі (будівель) залежно від температури навколишнього середовища наведений на рис. 13.4.

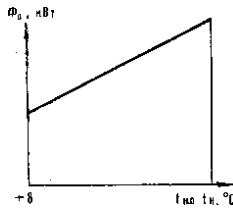


Рисунок 13.4. Графік витрати теплоти на опалення

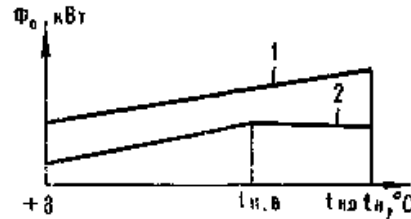


Рисунок 13.5. Графік витрати теплоти на вентиляцію: 1 — для виробничих цілей; 2 — для громадських приміщень

Графік зміни витрати теплоти на вентиляцію, як і на опалення, будують залежно від температури зовнішнього повітря плюс 8°C до розрахункової зовнішньої температури на опалення $t_{3,0}$. Графіки витрати теплоти на вентиляцію громадських споруд наведені на рис. 13.5. В останньому випадку при зниженні температури повітря від розрахункової зовнішньої температури $t_{3,в}$ до t_3 витрату теплоти на вентиляцію не збільшують.

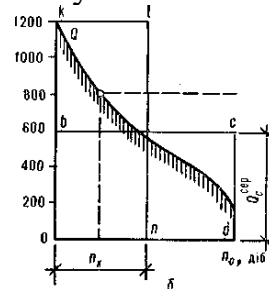
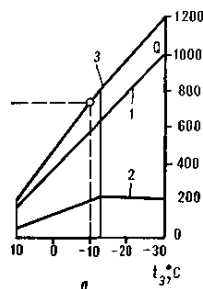


Рисунок 13.5. Побудова графіка тривалості сезонного теплового навантаження (б) на основі графіка залежності середньодобового теплового навантаження від зовнішньої температури (а): 1 — опалення; 2 — вентиляція; 3 — сумарне навантаження; n_0 — тривалість опалювального періоду; Q — теплове навантаження

Графіки витрати теплоти на опалення 1 та вентиляцію 2 і сумарна витрата теплоти залежно від температури зовнішнього повітря, наведені на рис. 13.6. На основі останнього будують графік тривалості сезонного теплового навантаження для умови цілодобової роботи вентиляції і опалення (рис. 13.6, б). Площа прямокутника $obcd$ дорівнює площі графіка тривалості. Очевидно, що висота цього прямокутника дорівнює середній витраті теплоти за опалювальний період $Q_c^{\text{ср}}$, Дж:

$$Q_c^{\text{ср}} = \frac{q_c^{\text{річн}}}{n_0} \quad (13.6)$$

де $Q_c^{\text{річн}}$ — витрата теплоти за опалювальний період, Дж; n_0 — тривалість опалювального сезону, с/рік або год/рік. Основа $n_в$ прямокутника $okln$ із площею, що рівна площі графіка тривалості, дорівнює тривалості

використання розрахункового теплового навантаження за опалювальний період:

$$n_B = \frac{Q_c^{\text{річн}}}{Q_c^p} \quad (13.7)$$

де Q_c^p –р озрахункові втрати теплоти на опалення і вентиляцію, Вт.

Добовий графік теплового навантаження на гаряче водопостачання наведений на рис. 13.7. Протягом опалювального періоду (межі температури від плюс 8°C до $t_{3,0}$) витрата теплоти на гаряче водопостачання не залежить від температури зовнішнього повітря. Влітку, через більш високе значення температури навколишнього середовища, витрату теплоти $\Phi_{Г.В}^c$ зменшують, зберігаючи постійною протягом всього періоду.

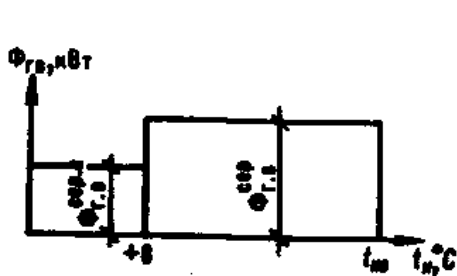


Рисунок 13.7. Графік витрати теплоти на гаряче водопостачання

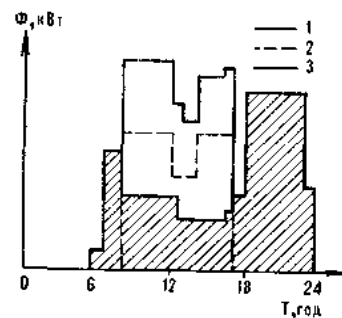


Рисунок 13.8. Графік витрати теплоти: 1 – на гаряче водопостачання; 2 – технічні потреби; 3 – сумарна витрата

Добовий графік теплового споживання на гаряче водопостачання і технічне теплопостачання зображений на рис. 13.8. Технологічне теплопостачання і гаряче водопостачання відбувається цілий рік.

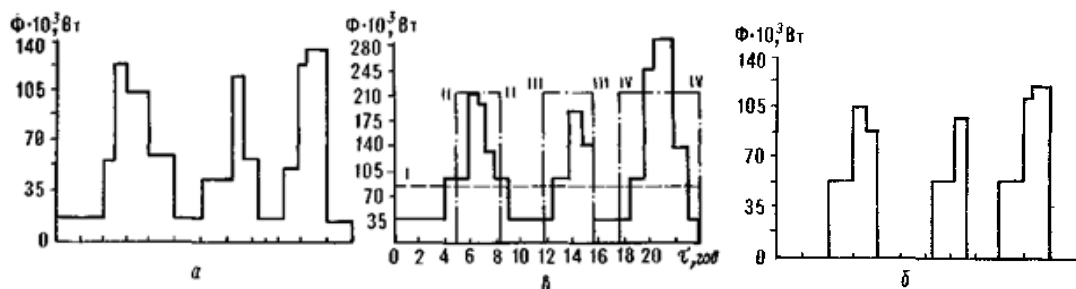


Рисунок 13.9. Графік добових теплових навантажень для тваринницьких ферм молочного напрямку: а – для зимового періоду (на 200 голів); б – для літнього періоду (на 200 голів); в – для зимового періоду (на 200 голів); I-I – середньотеплове навантаження на фермі; II-II; III-III; IV-IV – час роботи теплоенергетичного обладнання

Як приклад на рис. 13.9 наведені графіки теплових навантажень для ряду конкретних тваринницьких ферм. Для аналізу режиму роботи системи теплопостачання і вибору теплового устаткування будують річні графіки для сезонного навантаження (опалення і вентиляції). По осі абсцис відкладають кількість годин опалювального періоду, а по осі ординат – годинну витрату теплоти при даній температурі (рис. 13.10). Цей графік аналогічний графіку, зображеному на рис. 13.6.

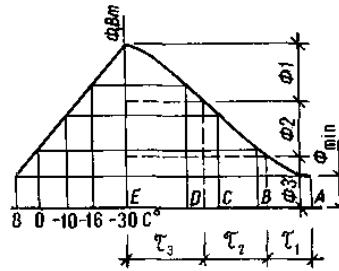


Рисунок 13.10 Графік сезонного теплового навантаження

Позначена на графіку точка А відповідає температурі зовнішнього повітря плюс 8°C, тобто початку опалювального сезону. Теплове навантаження, що відповідає цій температурі, спостерігається протягом всього опалювального сезону і відповідає його тривалості. Точки В, С, D відповідають температурам 0, мінус 10 і мінус 15°C, а тривалість їх та інших більш низьких температур беруть із кліматичних таблиць для даної місцевості. Точка Е відповідає розрахунковій температурі зовнішнього повітря із опорних точок А, В, С і D проводять ординати, на яких у певному масштабі відкладають теплові навантаження. По ординаті, проведеній із точки Е, відкладають розрахункове теплове навантаження, що відповідає $t_{з.о}^p$. Проміжні значення теплових навантажень $Q_{оп}$ між $Q_{оп}^{max}$ і $Q_{оп}^{min}$ визначають за формулою:

$$Q_{i.оп} = Q_{оп}^{max} \frac{t_B - t'_{з}}{t_B - t'_{з.о}} \quad (13.8)$$

де $Q_{оп}^{max}$ — максимальне розрахункове теплове навантаження, Вт; t_B — температура повітря всередині приміщення, °C; $t'_{з.о}$ — температура зовнішнього повітря всередині приміщення, °C; $t'_{з}$ — температура зовнішнього повітря, °C.

Для полегшення визначення ординат опорних точок, ліворуч будують допоміжний графік зміни теплових навантажень залежно від температури зовнішнього повітря і шукані навантаження переносять із нього на ординати опорних точок. Права частина площі графіка (рис. 13.10) еквівалентна кількості теплоти, необхідної для опалення і вентиляції в опалювальний сезон.

Припустимо, що у котельні встановлені три однотипні котли однакової теплової потужності, тобто $\Phi_1 = \Phi_2 = \Phi_3$ (рис. 13.10). Із графіка тривалості навантаження випливає, що протягом періоду часу τ_3 повинні працювати всі три котла; τ_2 — час одночасної роботи двох котлів; τ_1 — час роботи одного котла.

Питання для самоконтролю

1. Опишіть графік гарячого водопостачання. Що є основою для його побудов?
2. Які особливості побудови графіків теплового навантаження?
3. Яким чином виконується підбір котлів?
4. Який котел Ви пропонуєте для приміщення деревообробного цеху?
5. Яким чином класифікуються споживачі теплоти?

ЛЕКЦІЯ 14. ВІДНОВЛЮВАНІ ТА ВТОРИННІ ЕНЕРГОРЕСУРСИ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

План

- 14.1. Вітроенергетичні установки.
- 14.2. Системи сонячного енергопостачання.
- 14.3. Пасивні та активні систем сонячного тепло- і холодопостачання.
- 14.4. Системи сонячного охолодження.
- 14.5. Біоенергетичні установки у сільському господарстві.
- 14.6. Принцип роботи біоенергетичних установок.

14.1. Вітроенергетичні установки

Пристрій для перетворення кінетичної енергії потоку вітру в механічну енергію обертання ротора з подальшим її перетворенням на електричну енергію, – це і є вітроенергетична установка (вітрогенератор) або скорочено ВЕУ. Промислові зазвичай встановлюються державою чи великими енергетичними корпораціями. Їх об'єднують у мережі, де сукупність кількох вітроенергетичних установок, зібраних у одному чи кількох місцях називаються – вітряна електростанція (скорочено ВЕС). Єдина важлива вимога для ВЕС – високий середньорічний рівень вітру. Потужність сучасних вітрогенераторів сягає 8 МВт. Вона залежить від потужності повітряного потоку (N), що визначається швидкістю вітру і площею, що ометається:

$$N = \rho S V^3 / 4, \quad (14.1)$$

де V – швидкість вітру; ρ – щільність повітря; S – ометаемая площа.

Принцип роботи. Вітрогенератор – це щогла, нагорі якої розміщується контейнер з генератором та редуктором. До осі редуктора вітряної електростанції прикріплено лопаті. Контейнер електростанції повертається залежно від напрямку вітру.

Потоки вітру обертають лопаті: проходять через турбіну, приводить її в дію і починає обертатися. На валу турбіни виникає енергія, яка пропорційна вітровому потоку. Чим сильніший вітер, тим більше енергії виникає. Далі енергія передається валом ротору на мультиплікатор (якщо він є), який її генерує. Враховується, що продуктивнішими є пристрої без мультиплікатора, який прискорює обертання осі, тому що не створюється, а природно і не витрачається зайва енергія, при цьому швидкості вітру достатньо для роботи вітрогенератора. Генератор перетворює механічну енергію на електричну.

Потужність вітрогенератора вимірюється «площею турбіни, що омітається». Чим більший розмір лопат, тим більшу потужність він створює. Тому, якщо розмір турбіни не великий, то потрібен дуже сильний потік вітру, щоб потужність була високою, і навпаки – велика турбіна може видавати ту ж потужність за слабого вітру. ВЕУ складається з: вітротурбіни, встановленої на щоглі з розтяжками і ротором, що розкручується, або лопатями; електрогенератор. Отримана електроенергія надходить у:

- Контролер заряду акумуляторів, підключений до акумуляторів (зазвичай на 24 В)
- Інвертор (= 24 В -> ~ 220 В 50Гц), підключений до електромережі.

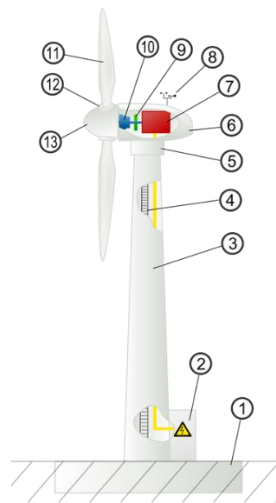


Рисунок 14.1. Промислова ВЕУ

Промислова вітрова установка складається з наступних деталей:

1. Фундамент; 2. Силова шафа, що включає силові контактори та ланцюги управління; 3. Вежа; 4. Сходи; 5. Поворотний механізм; 6. Гондола; 7. Електричний генератор; 8. Система стеження за напрямом та швидкістю вітру (анемометр); 9. Гальмівна система; 10. Трансмсія; 11. Лопаті (як правило, три, оскільки ротори з двома лопатями піддаються великим навантаженням у момент, коли пара лопат вертикальна, а більше трьох лопат створюють надлишковий опір повітря); 12. Система зміни кута атаки лопаті; 13. Обтічник.

А також у наявності: система пожежогасіння, телекомунікаційна система для передачі даних про роботу, система блискавкозахисту та привід живлення.

14.2. Системи сонячного енергопостачання

Нині способи застосування енергії сонячного випромінювання досягли високої технологічної досконалості та ефективності. Способи утилізації сонячної енергії поділяють на дві основні групи: пряме використання сонячної радіації і непряме, через її вторинний прояв, у вигляді енергії вітру, енергетичних запасів біомаси рослин тощо.

Пряме використання сонячної енергії, в свою чергу, поділяють на теплове, фото- і термоелектричне перетворення сонячної радіації, тобто одержання теплової і електричної енергії при впливі сонячного випромінювання на різного роду спеціальні пристрої. Найширше застосування, в тому числі в агропромисловому комплексі, знаходить спосіб перетворення сонячної енергії у теплову.

Системи, що використовують сонячну енергію для вироблення теплоти і холоду, поділяють за такими ознаками: будовою – пасивні та активні; призначенням – системи гарячого водопостачання; опалення, холодопостачання; комбіновані – системи теплопостачання (опалення і гаряче водопостачання), теплохолодопостачання (опалення, гаряче водо- і холодопостачання); сушіння; опріснювання води тощо; часом роботи протягом року – сезонні та цілорічні; ступеней охоплення споживачів –

індивідуальні, групові, централізовані; часом, акумулювання енергії – без акумулятора, із короткостроковим акумулюванням (1-2 діб), із довгостроковим (сезонним) акумулюванням; характером руху теплоносія у процесі нагріву – без циркуляції, із природною або примусовою циркуляцією; режимом відбору теплоти – з постійною або змінною температурою) теплоносія; наявністю дублюючого джерела – із дублером, без дублера (автономні); ступенем автоматизації системи – напівавтоматизовані, з частковою, комплексною або повною автоматизацією; кількістю контурів – одно-, дво- і багатоконтурні.

Кожна із систем тепло- та холодопостачання складається, як правило, з трьох основних елементів: приймача сонячного випромінювання (колектора), сховища теплоти (акумулятора) і системи розподілу теплоти. Фотоелектричні перетворювачі сонячної енергії за своєю фізичною природою відносять до обладнання, що здійснює пряму трансформацію сонячної радіації в електричну енергію без проміжних стадій. Ці системи поділяють на наземні та космічні.

14.3. Пасивні та активні систем сонячного тепло- і холодопостачання

Сонячні панелі. Серед різних типів систем сонячної енергії пасивні системи сонячної енергії відрізняються своєю простотою, ефективністю та низькими вимогами до обслуговування. На відміну від активних сонячних систем, які покладаються на механічні та електричні пристрої для перетворення сонячного світла в корисну енергію, пасивні сонячні системи використовують архітектурний дизайн і природні матеріали для використання сонячної енергії. Пасивне сонячне проектування означає стратегічне використання архітектури та матеріалів будівлі для використання та керування сонячною енергією без використання механічних систем. Цей підхід спрямований на оптимізацію природного руху тепла та світла для створення комфортного середовища в приміщенні. Фундаментальний принцип пасивного сонячного дизайну полягає в тому, щоб максимізувати сонячне випромінювання взимку та мінімізувати його влітку. Це досягається за рахунок орієнтації будівлі, вибору матеріалів з відповідною тепловою масою та включення конструктивних елементів, які регулюють надходження та втрати сонячного тепла.

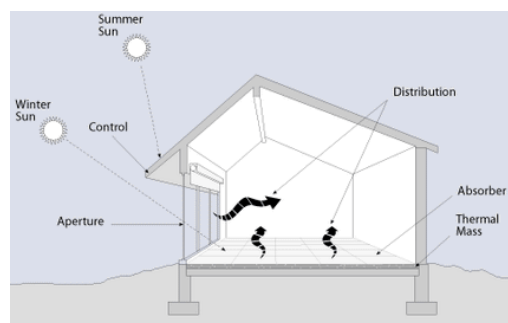


Рисунок 14.2. Загальний принцип влаштування пасивної системи опалення та охолодження

Концепція пасивного сонячного дизайну не нова; воно сягає тисячоліть. Стародавні цивілізації, такі як греки та римляни, використовували пасивні сонячні технології для обігріву своїх будинків. Наприклад, вони орієнтували будівлі на південь, щоб максимізувати сонячне світло в зимові місяці. З часом ці принципи еволюціонували, інтегруючи сучасні матеріали та технології для підвищення ефективності та ефективності.

Переваги пасивної сонячної конструкції. Впровадження пасивної сонячної конструкції в будівлях може зменшити потребу в додатковому опаленні та охолодженні, що може зменшити рахунки за електроенергію та зменшити залежність від невідновлюваних джерел енергії. Пасивна сонячна конструкція також допомагає підтримувати стабільну температуру в приміщенні та покращує природне денне освітлення, що створює комфортніші умови проживання. Це також позитивно впливає на навколишнє середовище, зменшуючи викиди парникових газів, пов'язані з опаленням і охолодженням. Ще одна перевага полягає в тому, що пасивні сонячні системи вимагають низьких витрат на обслуговування, оскільки вони не включають складних механічних частин. Пасивна сонячна конструкція може підвищити вартість нерухомості завдяки її енергоефективності та характеристикам стійкості.

Пасивні системи сонячної енергії працюють, використовуючи природний рух тепла та світла для підтримки комфортної температури в приміщенні та забезпечення достатнього освітлення. На відміну від активних сонячних систем, пасивні системи не покладаються на механічні пристрої, такі як насоси чи вентилятори. Натомість вони використовують будівельні конструкції та матеріали для захоплення, зберігання та розподілу сонячної енергії. Фундаментальні принципи включають пряме сонячне підсилення, непряме сонячне підсилення та ізольоване сонячне підсилення.

Пряме сонячне випромінювання передбачає захоплення сонячного світла безпосередньо через вікна та надання йому можливості обігрівати внутрішні приміщення. Цей метод є простим і ефективним у максимізації сонячної енергії. Непряме сонячне випромінювання використовує теплову масу, таку як стіни чи підлога, для поглинання та накопичення тепла вдень і виділення його вночі, таким чином регулюючи температуру в приміщенні. Ізольована сонячна енергія включає в себе захоплення сонячної енергії в окремому просторі, наприклад, солярії, а потім її розподіл до основних зон.

Зберігання та віддача тепла. Вирішальним аспектом пасивних систем сонячної енергії є здатність накопичувати та віддавати тепло. Матеріали з теплом, як-от бетон, цегла, камінь і вода, мають високу теплоємність, тобто вони можуть поглинати багато теплової енергії без істотної зміни температури. Протягом дня ці матеріали поглинають тепло сонячного світла і зберігають його. Вночі, коли температура падає, накопичене тепло поступово виділяється, допомагаючи підтримувати стабільну температуру в приміщенні.

Ефективність накопичення та виділення тепла залежить від кількох факторів, включаючи питому теплоємність, щільність і товщину матеріалу. Розміщення термічної маси також є критичним; вона повинна бути розташована так, щоб на неї потрапляли прямі сонячні промені і рівномірно

розподілялася тепло по всьому житловому простору. Правильна вентиляція та затінення необхідні для запобігання перегріву влітку та забезпечення комфорту протягом усього року.

Компоненти пасивних сонячних енергетичних систем. Колектори. Основним компонентом пасивної сонячної системи є сонячний колектор. У пасивних системах вікна часто служать первинними колекторами. Вікна, що виходять на південь, мають стратегічне розташування, щоб захоплювати максимальну кількість сонячного світла в зимові місяці. Ці вікна розроблені таким чином, щоб якомога більше сонячного випромінювання потрапляло в будівлю, мінімізуючи втрати тепла. Високоєфективне скління та покриття з низьким рівнем випромінювання (low-e) можуть ще більше підвищити ефективність цих колекторів, зменшуючи втрати тепла та відбиваючи тепло назад у внутрішній простір.

Теплова маса. Теплова маса є критично важливим компонентом, який забезпечує зберігання та поступове вивільнення сонячного тепла. Матеріали з високою тепловою масою, такі як бетон, цегла, камінь і вода, використовуються в будівлях для поглинання, зберігання та розподілу сонячної енергії. Наприклад, товста бетонна підлога або цегляна стіна, піддана впливу прямих сонячних променів, буде поглинати тепло вдень і повільно віддавати його, коли температура падає вночі.

Системи управління. Хоча системи пасивної сонячної енергії в основному залежать від природних процесів, прості системи керування можуть підвищити їх ефективність. Ручне або автоматичне керування вікнами, вентиляційними отворами та затінювальними пристроями може допомогти оптимізувати сонячне світло, вентиляцію та регулювання температури. Наприклад, автоматизовані жалюзі можуть регулюватися залежно від часу доби та пори року, щоб забезпечити оптимальне затінення та контроль освітлення.

Термостати та датчики також можна інтегрувати для моніторингу температури в приміщенні та відповідного налаштування пасивних елементів. Хоча ці системи керування є відносно простими порівняно з системами активних сонячних систем, вони відіграють важливу роль у максимізації переваг пасивної сонячної конструкції.

Цикли тепла вдень і вночі. Робочий процес системи пасивної сонячної енергії обертається навколо природних циклів тепла вдень і вночі. Протягом дня сонячне світло проникає в будівлю через стратегічно розташовані вікна та інші елементи скління, переважно з південної сторони. Це сонячне світло поглинається термальною масою – такими матеріалами, як бетонна підлога, цегляні стіни або ємності з водою, які зберігають теплову енергію. Термомаса допомагає пом'якшувати температуру в приміщенні, поглинаючи надлишок тепла протягом дня, не даючи будівлі стати занадто теплою.

Вночі, коли зовнішня температура падає, тепло, що зберігається в тепловій масі, поступово повертається назад у житлові приміщення. Цей процес допомагає підтримувати комфортну температуру в приміщенні та

зменшує потребу в додатковому обігріві. Ефективність цього циклу залежить від конструкції будівлі, типу та кількості теплової маси та місцевого клімату.

Сезонні коригування. Системи пасивної сонячної енергії вимагають ретельного врахування сезонних змін для підтримки ефективності протягом року. Взимку мета полягає в тому, щоб максимізувати приріст сонячної енергії. Це досягається за рахунок того, що вікна, що виходять на південь, не закриваються, а теплова маса піддається прямому сонячному світлу. Ізоляція та скління також відіграють важливу роль у збереженні тепла всередині будівлі. Влітку фокус зміщується на мінімізацію сонячного випромінювання, щоб запобігти перегріву. Пристосування для затінення, такі як навіси, навіси та листяні дерева, необхідні для блокування літнього сонця під високим кутом і водночас для проникнення зимового сонця під нижнім кутом. Вентиляція також має вирішальне значення влітку, щоб видаляти гаряче повітря та надходити прохолодніше, чому можна полегшити, відкривши вікна та вентиляційні отвори для створення перехресної вентиляції.

Пасивні системи сонячної енергії проти активних систем сонячної енергії. Системи пасивної та активної сонячної енергії спрямовані на використання енергії сонця, але роблять це принципово різними способами. Системи пасивної сонячної енергії використовують конструкцію будівель і матеріали для збору, зберігання та розподілу сонячної енергії, не покладаючись на механічні пристрої. Ці системи зосереджені на оптимізації природного потоку тепла та світла за допомогою стратегічної орієнтації, теплової маси, ізоляції та затінення.

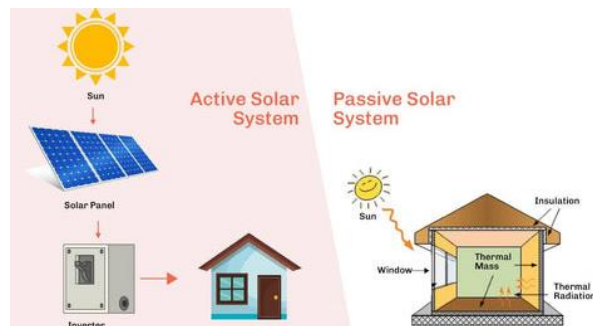


Рисунок 14.3. Порівняння активних і пасивних систем тепlopостачання

Навпаки, системи активної сонячної енергії використовують механічні та електричні пристрої, такі як фотоелектричні панелі, сонячні водонагрівачі та насоси, для перетворення сонячної енергії в придатні для використання форми, такі як електрика та гаряча вода. Ці системи, як правило, включають більш складну технологію та інфраструктуру, але можуть генерувати вищу енергію.

Методи перетворення енергії. Основна відмінність між пасивними та активними системами сонячної енергії полягає в методах перетворення енергії. Пасивні системи не перетворюють сонячну енергію в інші форми; замість цього вони використовують архітектурні елементи для управління теплом і світлом. Наприклад, вікно, що виходить на південь, дозволяє сонячному світлу проникати всередину і зігрівати внутрішній простір, тоді як бетонна підлога поглинає і повільно віддає тепло.

Активні сонячні системи, з іншого боку, перетворюють сонячне світло в електрику або тепло за допомогою фотоелектричних (PV) елементів або сонячних теплових колекторів. Фотоелектричні елементи виробляють електроенергію, перетворюючи сонячне світло безпосередньо в електричну енергію. Сонячні теплові колектори вловлюють сонячне випромінювання та перетворюють його на тепло, яке можна використовувати для опалення приміщень, підігріву води або навіть виробництва електроенергії за допомогою парових турбін.

Якщо порівнювати встановлення та технічне обслуговування, пасивні системи сонячної енергії, як правило, мають нижчу вартість і простіші процеси. Ключові компоненти, такі як вікна, тепломаса та ізоляція, часто інтегруються в проект будівлі з самого початку, мінімізуючи додаткові витрати. Обслуговування, як правило, мінімальне, оскільки немає рухомих частин або складного обладнання.

Активні системи сонячної енергії, однак, вимагають більш значних інвестицій у технології та інфраструктуру. Встановлення фотоелектричних панелей або сонячних теплових систем передбачає спеціальне обладнання, монтажні конструкції та електричні з'єднання. Технічне обслуговування може бути більш вимогливим, оскільки ці системи включають механічні та електричні компоненти, які потребують регулярного огляду, очищення та можливого ремонту чи заміни.

Порівняння вартості та ефективності. Вартість є важливим фактором при виборі між пасивними та активними системами сонячної енергії. Пасивні системи зазвичай мають нижчу початкову вартість, оскільки вони покладаються на дизайн і матеріали, а не на високотехнологічне обладнання. Вони також пропонують довгострокову економію завдяки зменшенню рахунків за електроенергію та мінімальним витратам на обслуговування. Однак економія енергії від пасивних систем зазвичай обмежується опаленням, охолодженням та освітленням.

Активні сонячні енергетичні системи, хоча і дорожчі в установці, можуть забезпечити значне виробництво та економію енергії, особливо при виробництві електроенергії. Вартість фотоелектричних панелей з роками знизилася, що зробило їх більш доступними. Крім того, активні системи можуть виробляти надлишок енергії, який можна зберігати або продавати назад в мережу, потенційно компенсуючи початкові витрати.

Як пасивні, так і активні системи сонячної енергії роблять позитивний внесок у навколишнє середовище, зменшуючи залежність від викопного палива та знижуючи викиди парникових газів. Пасивні системи особливо екологічні завдяки своїй простоті та відсутності механічних компонентів. Вони використовують природні процеси, мінімізуючи використання ресурсів і виробництво відходів.

Активні сонячні системи також мають позитивний вплив на навколишнє середовище, особливо при заміні звичайних джерел енергії відновлюваною сонячною енергією. Однак виробництво та утилізація фотоелектричних панелей та інших компонентів пов'язана з деякими екологічними витратами,

включаючи використання енергії у виробництві та потенційні відходи від виведених з експлуатації панелей.

Вибір між пасивними та активними системами сонячної енергії залежить від конкретних потреб, місця розташування та цілей власника будинку чи підприємства. Пасивна сонячна конструкція ідеально підходить для нових будівель, де орієнтацію будівлі та вибір матеріалів можна оптимізувати з самого початку. Він особливо підходить для житлових будинків і малих підприємств, спрямованих на зниження витрат на опалення та охолодження.

Активні сонячні системи є універсальними і можуть бути додані до існуючих будівель або інтегровані в нові споруди. Вони підходять для широкого діапазону застосувань, від житлових до комерційних і промислових, особливо там, де потрібне значне виробництво енергії. Для власників будинків, які хочуть виробляти власну електроенергію або значно зменшити свій вуглецевий слід, активні сонячні системи пропонують надійне рішення.

14.4. Системи сонячного охолодження.

Зміни клімату відбуваються, і в майбутньому охолодження буде необхідною складовою створення комфорту в наших оселях. Прогнозується, що споживання енергії для охолодження щорічно зростатиме більше 10%.

Сучасні будинки це енергозберігаючі, добре утеплені об'єкти. Завдяки низькому енергоспоживанню ми отримали можливість ефективно використовувати відновлювальні джерела енергії: сонце, енергію землі та повітря, біомасу. Звичайно, для створення комфортних умов важливим є використання пасивних методів: якісне теплоізолювання будівель, низькоемісійні віконні конструкції, застосування зовнішніх сонцезахисних систем, природне затінення і т.п. Правильне проектування об'єкту та якісне будівництво суттєво знижують витрати енергії для охолодження.

Однією з наявних технологій кліматизації є використання теплових насосів, які здатні сумістити функції опалення та охолодження в одному пристрої. Використання енергії навколишнього середовища та багатофункціональність роблять тепловий насос одним з найперспективніших генераторів енергії.

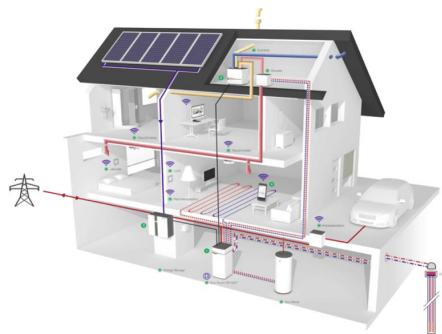


Рисунок 14.5. Рішення, що передбачає використання фотоелектричних панелей для живлення теплового насосу, який забезпечуватиме опалення, гаряче водопостачання та охолодження будинку

Якщо ж розглядати можливість електропостачання теплового насосу за допомогою фотоелектричних установок, ми отримаємо рішення, що повністю забезпечуватиметься відновлювальною енергією. Враховуючи, що сонячна

генерація влітку найвища, ми можемо отримати максимальну кількість енергії, необхідної для роботи системи охолодження.

Суттєву перевагу в плані охолодження, звичайно, мають геотермальні теплові насоси, що використовують низьку температуру ґрунту чи води для кондиціонування приміщень. Таке «пасивне» охолодження забезпечує не тільки високий комфорт, але і найнижчі експлуатаційні витрати, оскільки процес відбувається без вмикання компресора і електроенергія витрачається лише на роботу циркуляційного насоса геотермального контуру.

Зростання кількості сонячних днів призводить до збільшення витрат енергії на охолодження будівель, але з іншого боку це суттєво покращує потенціал використання геліоустановок в кліматичних системах. Енергія сонця може застосовуватись для охолодження за наступними схемами: виробництво фотоелектричними панелями електроенергії, яка надалі використовується для живлення традиційних, обладнаних компресорами, холодильних машин; використання сонячного тепла в холодильних машинах з термічним приводом для прямого процесу кондиціонування.

Використання сонячного тепла є перспективним та має ряд переваг:

- геліотермічні колектори більш ефективні, ніж панелі для виробництва електроенергії;
- в системах прямого охолодження застосовуються екологічно чисті холодоагенти;
- термічні чилери споживають мінімальну кількість електроенергії;
- значно нижчий рівень шуму в порівнянні з компресорними машинами;
- геліотермічні колектори можуть паралельно з охолодженням забезпечувати гаряче водопостачання та підтримку опалення;
- установки прямого охолодження практично не потребують обслуговування.

Основою систем сонячного охолодження є термічні процеси. Більшість установок об'єднує використання сорбційних процесів:

- абсорбції (поглинання рідин та газів всім об'ємом твердого або рідкого робочого тіла, що є абсорбентом);
- адсорбції (поглинання рідин та газів поверхневим шаром твердого тіла, що є адсорбентом).

Існують також інші технології, такі як струменевий пароінжектор або термічний привід компресора. Але розглянемо більш детально саме холодильні машини, які застосовують процеси сорбції та є сьогодні доступними на ринку:

- адсорбційні машини: використовують тверді сорбенти – діоксид кремнію або цеоліт. В якості холодоагенту слугує звичайна вода.
- абсорбційні машини: використовуються рідкі сорбенти. На ринку доступні бромистолітієві холодильні машини, з водою в якості холодоагенту або установки з водою, в якості сорбента та аміаку, як холодоагенту. При використанні аміаку можливо досягнути температури пари нижче 0°C.

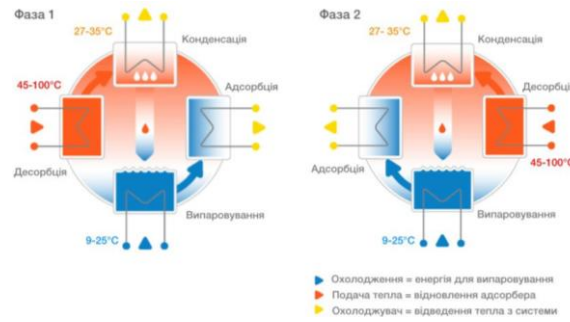


Рисунок 14.6. Робочі цикли адсорбційної холодильної машини

Ефективність чилерів визначається коефіцієнтом корисної дії COP (Coefficient of Performance). Для електричних компресійних холодильних машин також використовується подібний COP коефіцієнт енергетичної ефективності – EER. Типові значення COP для сорбційних машин знаходяться в діапазоні між 0,5 і 0,8. Більша ефективність холодильної машини зменшує вартість системи та знижує експлуатаційні витрати. COP установки в значній мірі залежить від температури теплоносія, необхідного для активації машини, від температури холодильної води та від температури охолоджуючого контуру.

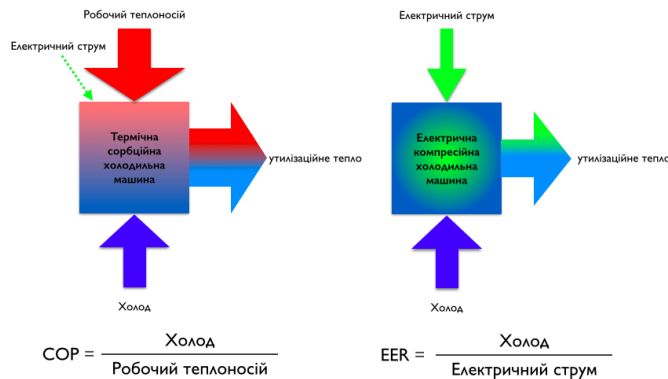


Рисунок 14.7. Формування коефіцієнтів корисної дії холодильних машин

Зростання COP досягається за рахунок більш ефективної технології або оперативних умов експлуатації. Наприклад, підвищення температури холодильної води зменшує попит на тепло і повторне охолодження та призводить до покращення ефективності системи охолодження. Підвищення температури холодильної води можливо досягнути використовуючи фанкойли із збільшеною площею теплообміну або застосовуючи системи поверхневого охолодження: холодні стелі та стіни. Панельне охолодження збільшує COP системи, зменшує експлуатаційні витрати та покращує комфортність для користувача. Важливою перевагою сорбційних чилерів є низьке споживання електроенергії, до 95% нижче в порівнянні з компресорними машинами.

При виборі холодильної машини важливо розуміти граничні умови роботи, такі як температура теплоносія та мінімальна температура холодильної води, також необхідно перевірити робочі точки за різних умов експлуатації. Так, наприклад, абсорбційні машини потребують вищої температури термічного приводу ніж адсорбційні установки. Використання сонячної теплової енергії передбачає використання накопичувальної ємності (50 - 80 літрів на кв.м сонячних колекторів, теплоносіє з якої буде за потребою

використовуватись на тепло- або холодопостачання. В випадку недостатньої кількості сонячного випромінювання, догрів відбудеться за допомогою основного теплогенератора (газовий або твердопаливний котел).

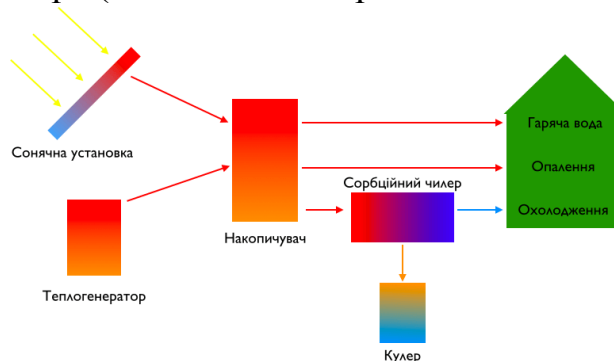


Рисунок 14.8. Принципова схема використання сонячної енергії для охолодження будівель

При підборі сонячних колекторів для охолодження необхідно враховувати, що сорбційні машини використовують робочий теплоносієм температурою не менше 65°C . і зазвичай потребують більше 75°C . Тому доцільним є використання вакуумних колекторів, які на відміну від плоских панелей ефективно працюють з високими температурами. А використання установок, які застосовують воду в якості теплоносія, ще більше підвищить продуктивність холодильної машини.

14.5. Біоенергетичні установки у сільському господарстві

Використання біогазових установок дозволяє вирішити п'ять проблем: екологічну (утилізація гною, тваринних та рослинних решток і відходів переробки); енергетичну (одержання та утилізація біогазу); агрохімічну (одержання органічних добрив); соціальну (поліпшення умов праці й створення нових робочих місць); економічну (зниження платежів і одержання прибутку від реалізації добрив).

Біосміття безкоштовне, а сама установка для власних потреб використовує лише 10-15% виробленої енергії. Переробка відходів та гною – це система очистки, яка приносить прибуток. Найпоширенішою сировиною для біогазових установок в сільськогосподарських підприємствах є гній великої рогатої худоби та гній свиней, а також різноманітні рослинні рештки та відходи від переробки рослинницької продукції. Такі установки є найпростішими за своєю конструкцією і отримали велике поширення в усьому світі. Всі мікроорганізми, що беруть участь в процесі бродіння, потрапляють до установок разом з гноєм, тому не потрібно їх додатково додавати. Так само немає потреби в реакторах гідролізу. Устаткування модульне. Якщо підприємство планує збільшення поголів'я в майбутньому, то відповідно можна нарощувати і потужність установки. Залежно від методу гноєвидалення і вмісту вологи в гної вихід біогазу з тонни субстрату буде різний (табл. 14.1). Оптимальний період бродіння 25-30 днів.

Таблиця 14.1. Вихід біогазу залежно від гноєвидалення

Метод гноєвидалення	Вологість, %	Гній свиней, вихід газу, м ³ /т	Гній ВРХ, вихід газу, м ³ /т
Гідрозмив	96-98	20	-
Самосплав	92-95	35	25
Механічний	85	65-70	55
Періодичний вивіз (підстилка)	80	30-60	60

Одна свиноматка зі шлейфом у 20-24 поросят дає в рік приблизно 25 м³ гною (з них: свиноматка дає в середньому 5,3 м³/рік, а кожна свиня на відгодівлі 1,2-1,6 м³/рік). У газовому еквіваленті це складе в середньому 1000 м³ біогазу. Одна дійна корова в день дає від 30 до 70 кг гною, що в середньому на рік складає 20 м³, а це – 800 м³ біогазу.

На тваринницьких комплексах найвигідніше переробляти біогаз в електроенергію і тепло (такий метод носить назву когенерації). Навіть якщо споживання енергії комплексом невелике, то завжди є інші споживачі електроенергії. Так само можна використовувати газ безпосередньо для спалювання або доочищати і заправляти біометаном автотранспорт. Ціна газу за останні 2 роки піднялася в 3,5 рази. Зрозуміло, що подальше подорожчання газу в Україні неминуче.

Через конвертацію 1 м³ біогазу в генераторі можна виробити 2 кВт електроенергії. Електроенергія зараз коштує дорого, за прогнозами, у найближчі 1,5 роки ще підніметься. Встановивши біогазову установку, можна отримувати свою електроенергію безкоштовно. До того ж є постанова Верховної Ради України про прийняття за основу проекту Закону України про внесення змін до Закону України «Про електроенергетику» та до Закону України «Про альтернативні джерела енергії» (щодо встановлення спеціальних тарифів на електричну та теплову енергію «зелені» тарифи)». У разі набуття чинності змін, електроенергію можна буде реалізовувати на вигідних умовах.

Таблиця 14.2. Вплив виду вхідної сировини на вихід біогазу

Вид сировини	Вихід газу (м ³ /т сировини)	Вид сировини	Вихід газу (м ³ /т сировини)
Гній ВРХ	60	Сило, бадилля буряків	400
Гній свиней	65		
Пташиний послід	130	Дробина пивна	180
Кінський гній	60	Гліцерин	500
Овечий гній	90	Спиртна барда	70
Відходи бійні	300	Буряковий жом	70
Гниле зерно	500	Жир	1300
Меляса	430	Свіжа трава	500

14.6. Принцип роботи біоенергетичних установок

Функціонування біогазової установки проходить через чотири фази, доки біогаз не перетвориться на електричну та теплову енергію. Біогазове виробництво починається з управління субстратами та їх попередньої підготовки до ферментації. А вже після утворення, біогаз доочищається і або

подається у газотранспортну мережу, або подається до когенераційного модуля, де спалюється із утворенням електричної та теплової енергії.

Зброджені органічні відходи та рештки після біогазового виробництва перетворюються на CO_2 -нейтральні добрива, що накопичуються і відповідним чином зберігаються до їх наступного застосування на полях. Біогазовий завод: виробничий процес налічує чотири ключові фази.

На сьогодні наявний широкий спектр технологічних рішень для будівництва біогазових станцій та їх подальшої ефективної експлуатації. При цьому, незалежно від того, яка технологія та яка сукупність субстратів використовується, експлуатація всіх біогазових станцій здійснюється із дотриманням ряду декількох ключових принципів. Основна задача біогазової установки – її оптимізоване функціонування з метою виробництва максимально досяжних обсягів біогазу.

Фаза I: управління субстратом. Принцип роботи біогазової установки починається з управління субстратом. Ефективне біогазове виробництво починається зі зберігання та попередньої підготовки субстрату у приймальному резервуарі біогазової станції. В залежності від виду субстрату, що зброджується, та від способу ферментації (волога або суха ферментація), приймальний резервуар біогазової станції виконує вагомі підготовчі роботи, ефективність проведення яких результується на загальному результаті біогазового виробництва. У приймальному резервуарі субстрат подрібнюється та гомогенізується, тобто тут, створюється забезпечення метаногенних мікроорганізмів необхідним доступом до поживних речовин, що містяться у зброджуваних субстратах, а також ця фаза необхідна для оптимізації наступних виробничих фаз.

Фаза II: виробництво біогазу. Біогаз утворюється у серці біогазової установки – у метантенку, функція якого досить проста – забезпечення фізичної взаємодії субстрату/суміші субстратів, температури виробничого процесу та метаногенних мікроорганізмів. Виробництво біогазу здійснюється за наступних обов'язкових до забезпечення та підтримки умов:

- Метантенк повинен бути газо- та водонепроникним, а також максимально непрозорим.
- Перемішуючі пристрої повинні забезпечувати необхідний ступінь перемішування субстратів, а швидкість їх обертання – не шкодити життєдіяльності метаногенних мікроорганізмів.
- Температура процесу метаногенезу повинна бути постійною і забезпечуватись внутрішньою або зовнішньою системою опалення.
- Теплоізоляція повинна бути ефективною з метою попередження теплових втрат та забезпечення оптимальних умов функціонування біогазової станції.

Фаза III: зберігання дегістату. По факту зброджування органічні відходи та рештки перетворюються у CO_2 -нейтральний дегістат – високоякісні органічні добрива. Дегістат накопичується та тимчасово зберігається (строком до 8-9 місяців) у резервуарах-сховищах закритого або відкритого типу, або у лагунах закритого типу. При цьому, рекомендовано закриті резервуари-

сховища, оскільки така система дозволяє відбирати залишковий потенціал біогазу, що, залежно від виду зброджуваного субстрату, може складати 5-7%.

Фаза IV: енергетичне перетворення біогазу на електричну та теплову енергію. Чим краще здійснюються ферментаційні процеси, тим вищий вихід газу матиме біогазова установка і тим більше енергії можна отримати шляхом спалювання біогазу у когенераційному модулі.

Питання для самоконтролю

1. Опишіть будову вітроустановки.
2. Для чого призначені вітроустановки?
3. Яким чином працює активна та пасивна система теплопостачання?
4. Яким чином працює система сонячного охолодження?
5. Для чого використовуються біогазові установки?
6. Назвіть основні фази роботи біогазової установки.

ЛЕКЦІЯ 15. ТЕПЛОНАСОСНІ УСТАНОВКИ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

План

- 15.1. Загальні відомості.
- 15.2. Класифікація теплових насосів їх переваги та недоліки.

15.1. Загальні відомості

Теоретичні основи теплонасосних установок (ТНУ) викладені у курсі технічної термодинаміки. За принципом дії ТНУ поділяють на компресійні, сорбційні та термоелектричні.

У компресійних ТНУ підвищення температурного рівня відбираної робочим агентом низькотемпературної теплоти різних середовищ провадиться механічним стисканням робочого агента у компресорі. Залежно від виду робочого агента відомі повітряно- та парокомпресійні ТНУ.

У сорбційних ТНУ підвищення температурного рівня відбираної робочим агентом низькотемпературної теплоти різних середовищ здійснюється за рахунок термохімічних реакцій поглинання (сорбції) робочого агента відповідним сорбентом при низьких температурах, а потім виділення (десорбції) робочого агента при підведенні зовнішньої енергії у вигляді додаткової теплоти на більш високому температурному рівні. Залежно від виду термохімічних реакцій розрізняють абсорбційні та адсорбційні установки. У перших процес сорбції здійснюється у всьому обсязі абсорбента (на межі рідкої та парової фаз), у другому – на поверхні адсорбента, що перебуває, як правило, у твердій фазі (лід).

Термоелектричні ТНУ ґрунтуються на ефекті Пельтьє, що полягає у тому, що якщо через різнорідні і поєднані один з одним метали пропускати постійний електричний струм, то у місці контакту (спаю) відбувається виділення теплоти. Від потужності струму, що підводиться до провідника, змінюється і температурний рівень теплоти, що виділяється. На цьому принципі побудовані напівпровідникові ТНУ.

У системі теплопостачання широко застосовують парокомпресійні ТНУ як найбільш освоєні і надійні в експлуатації, їх випускають на базі серійно виготовлюваного промисловістю холодильного обладнання. Енергетична ефективність теплового насоса оцінюється коефіцієнтом перетворення, що дорівнює відношенню одержаної теплової потужності у конденсаторі за одиницю часу до затраченої на привод компресора потужності.

Низькопотенційним джерелом теплоти для теплонасосних установок може служити вода (річкова, озерна, морська або ґрунтова) температурою не нижче 4°C. ТНУ застосовують для теплопостачання як цивільних сільських будинків, так і виробничих.

Значне поширення одержали теплові насоси системи «повітря-повітря», в яких як джерело низькопотенційної енергії використовується атмосферне повітря. Як джерело тепла повітря має цілий ряд недоліків, основний з яких – низька теплоємність. При зниженні температури навколишнього середовища зростає потреба в енергії для опалення, тоді як здатність теплонасоса істотно знижується. Проте загальнодоступність такого джерела енергії компенсує ці недоліки.

Залежно від типу джерела теплоти та теплоспоживачів також існують системи «вода-повітря» або «повітря-вода». Перспективним з точки зору ефективності використання теплових насосів є застосування їх спільно із відновлюваними джерелами енергії. Комбінована геліотеплонасосна система дає можливість цілорічно експлуатувати їх без додаткового джерела теплоти.

Геліотеплонасосна система опалення і гарячого водопостачання складається із таких основних елементів: сонячного колектора, низько- та високотемпературного баків-акумуляторів, теплового насоса і споживача теплоти – випарника теплового насосу. У випарнику тепло передається робочому тілу теплового насоса, яке при цьому випаровується.. Робоче тіло після компресора надходить у конденсатор, де віддає теплоту теплоносію, що циркулює у контурі високотемпературного бака-акумулятора. Теплота із бака-акумулятора передається теплоносію. Зв'язок між контурами здійснюється за допомогою теплообмінників, змонтованих у баках-акумуляторах. Як теплоносії у геліоконтурі використовують незамерзаючу рідину.

На об'єктах із незначною щільністю забудови існує можливість використати ґрунт як джерело теплоти для теплових насосів. Нагромаджена у землі (ґрунті) теплота являє собою акумуляовану сонячну енергію, яка регенерується згідно із річним ритмом і не залежить від атмосферних умов. Постійність температури можна використати, встановлюючи на глибині до 2 м теплообмінник, що буде відбирати теплоту із ґрунту.

Із збільшенням глибини укладання труб з'являється можливість використання теплоти ґрунту тривалий час, поки температура зовнішнього повітря не стане позитивною і потрібне теплове навантаження опалюваного будинку не зведеться до мінімуму.

Використання теплових насосів на об'єктах, розміщених поблизу геотермальних енергоносіїв, може бути виправдане з економічної точки зору. Внаслідок низьких температур термальних вод на глибинах 2 км і високих

витратах на глибинне свердління вимагається встановлення теплових насосів. При цьому, враховуючи високий ступінь корозії, що виникає іноді, термальну воду слід спрямовувати до теплового насоса через теплообмінник.

У тваринницьких приміщеннях існує можливість використання теплових насосів із біогазовими установками. При видаленні із біоустановки шлаку відбувається також видалення вміщеної у них теплоти. Тому рекомендується застосовувати тепловий насос для регенерації теплоти, що видаляється із установки. Теплові насоси можна використовувати у системах опалення, вентиляції і кондиціонування повітря виробничих приміщень сільськогосподарського виробництва.

15.2. Класифікація теплових насосів їх переваги та недоліки

Основні типи теплових насосів. Теплові насоси бувають різних типів. Щоб вибрати підходящий, важливо розуміти, чим вони відрізняються і для яких цілей підходять більше. Умовно кажучи, теплові насоси поділяють на:

- Повітряні теплові насоси: використовують зовнішнє повітря як джерело тепла.
- Геотермальні теплові насоси: витягують тепло з землі.
- Водяні теплові насоси: використовують воду як джерело тепла (хтось цей вид також відносить до геотермальних, що, в принципі, теж вірно).
- Гібридні теплові насоси: комбінують тепловий насос з іншим джерелом тепла.
- Абсорбційні теплові насоси: використовують теплову енергію замість механічної компресії.

Кожен з цих типів має свої унікальні характеристики та плюси і мінуси. Вибір підходящого варіанту залежить від безлічі факторів, включаючи кліматичні умови, особливості системи опалення у Вашому будинку і доступні джерела енергії.

Повітряні теплові насоси. Повітряні теплові насоси є найбільш поширеним видом на ринку, і на це є вагомі причини. Вони відносно недорогі в установці, ефективні в більшості кліматичних зон і можуть забезпечувати як опалення, так і охолодження. Давайте розглянемо два основних підтипи повітряних теплових насосів:

1. Теплові насоси Повітря-Повітря. Теплові насоси типу «повітря-повітря» працюють за принципом, схожим з роботою кондиціонера, але з можливістю зворотного циклу. Вони забирають тепло із зовнішнього повітря і передають його безпосередньо в повітря всередині приміщення.

Переваги:

- Проста і швидка установка.
- Низька вартість порівняно з іншими типами теплових насосів.
- Можливість роботи на охолодження влітку.
- Висока ефективність в помірному кліматі.

Недоліки:

- Ефективність знижується при низьких температурах. Тобто у нас, в Україні, може знадобитися додаткове («запасне») джерело тепла.

- Складно рівномірно обігріти великий будинок. Тепле повітря може не доходити до дальніх кімнат, створюючи різницю температур в різних частинах будинку.

- Видають шум при роботі.

І хоча сучасні моделі повітря-повітря можуть ефективно працювати навіть при температурах до -25°C завдяки використанню інверторних технологій та покращених холодоагентів, все ж даний тип теплових насосів представляє собою скоріше локальне опалення. Він більше підходить для невеликих квартир, окремих кімнат або офісних приміщень відкритого планування. За своїм принципом роботи такий тепловий насос більше схожий на кондиціонер, ніж на традиційний котел опалення. Це робить його відмінним вибором для приміщень, де потрібно як обігрів, так і охолодження, але може обмежувати його ефективність у великих будинках зі складним плануванням.

2. Теплові насоси Повітря-Вода. Теплові насоси «повітря-вода» також витягують тепло із зовнішнього повітря, але передають його у водяну систему опалення. Це робить їх більш універсальними і підходящими для будинків з уже існуючою водяною системою опалення.

Переваги:

- Сумісність з радіаторами та теплими підлогами.
- Дуже ефективні при роботі в низькотемпературному опаленні (тепла підлога).
- Можливість нагріву води для побутових потреб (ГВП) в деяких моделях, обладнаних непрямим водонагрівачем.

- Більш рівномірний розподіл тепла порівняно з ТН повітря-повітря.

Недоліки:

- Більш складна установка порівняно з повітря-повітря.
- Ефективність також знижується при дуже низьких температурах.
- Зазвичай дорожче, ніж системи повітря-повітря.
- Менш ефективні при радіаторному опаленні.

При виборі між повітря-повітря та повітря-вода слід враховувати не тільки кліматичні умови, але й особливості будинку. Якщо вже є водяна система опалення, то повітря-вода може бути більш підходящим варіантом. Однак, якщо потрібне локальне опалення та охолодження невеликої площі, то теплові насоси повітря-повітря може виявитися кращим. Важливо зазначити, що технології в області повітряних теплових насосів постійно вдосконалюються.

Геотермальні теплові насоси. Геотермальні теплові насоси, також відомі як ґрунтові, ще більш вискоефективне рішення для опалення. Вони використовують стабільну температуру землі як джерело тепла, що робить їх роботу практично незалежною від погодних умов. Перевага цього типу теплових насосів в тому, що вони використовують температуру ґрунту або води на тій глибині, де вона залишається теплою практично цілий рік (зазвичай від 1,5 м). Геотермальні теплові насоси є двох основних типів:

1. Геотермальні теплові насоси з горизонтальним колектором. У системах з горизонтальним колектором труби укладаються горизонтально на

глибині 1,2-1,5 м. Цей вид установки підходить для ділянок з великою вільною площею.

Переваги:

- Дуже висока ефективність.
- Стабільна робота цілий рік, незалежно від погодних умов.
- Менші витрати на установку порівняно з вертикальним колектором.

Недоліки:

- Високі початкові витрати на установку.
- Потрібна велика площа земельної ділянки.
- Може знадобитися відновлення ландшафту після установки.
- Ефективність може трохи знижуватися в кінці опалювального сезону.

При проектуванні системи з горизонтальним колектором важливо враховувати тип ґрунту на ділянці. Вологі глинисті ґрунти мають кращу теплопровідність, що дозволяє використовувати меншу площу для колектора. Сухі піщані ґрунти, навпаки, можуть вимагати збільшення площі колектора до 30-50%.

2. Геотермальні теплові насоси з вертикальним колектором. Системи з вертикальним колектором використовують глибокі свердловини (зазвичай 50-150 м) для розміщення теплообмінних труб. Це рішення ідеально підходить для ділянок з обмеженою площею.

Переваги:

- Дуже висока ефективність.
- Стабільна робота цілий рік, незалежно від погодних умов.
- Займають менше місця на ділянці.
- Мінімальний вплив на ландшафт.

Недоліки:

- Високі початкові витрати на установку.
- Необхідність проведення геологічних досліджень ділянки перед початком буріння.
- Складність отримання дозволів на буріння глибоких свердловин в деяких регіонах.

Важливо зазначити, що геотермальні теплові насоси зазвичай мають найвищий коефіцієнт перетворення енергії (COP) серед всіх видів теплових насосів. Це означає, що вони виробляють найбільшу кількість теплової енергії на кожен кіловат споживаної електроенергії. COP геотермальних систем може досягати 4 або 4,5, а при ідеальних умовах навіть вище. Геотермальні теплові насоси з вертикальним колектором можуть збільшити вартість нерухомості. Це пов'язано з їх довговічністю (термін служби може перевищувати 50 років) і низькими експлуатаційними витратами.

Водяні теплові насоси. Водяні теплові насоси являють собою ще один високоефективний варіант для опалення будинку. Вони використовують воду як джерело тепла, що робить їх ідеальним вибором для ділянок, розташованих поблизу водойм або які мають доступ до ґрунтових вод. Ефективність водяних теплових насосів обумовлена тим, що вода має набагато більшу теплоємність, ніж повітря, і може передавати тепло більш ефективно. Крім того, температура

води в глибоких водоймах або ґрунтових водах залишається відносно стабільною цілий рік, що забезпечує постійну високу продуктивність системи.

Види водяних теплових насосів:

1. Системи закритого контуру: використовують замкнутий контур труб з антифризом, занурений у водойму або ґрунтові води.

2. Системи відкритого контуру: напряду використовують воду з природних джерел (найчастіше ґрунтові води). Однак такі системи вимагають спеціальних дозволів через потенційний вплив на природні водойми. В Україні використання водяних теплових насосів з системами відкритого контуру не заборонено на державному рівні, але воно регулюється рядом законодавчих актів і вимагає отримання дозволів.

Через труднощі з дозволами більшість водяних теплових насосів використовують системи закритого контуру з антифризом.

Переваги теплових насосів Вода-Вода:

- Висока ефективність завдяки стабільній температурі води.
- Менша залежність від погодних умов порівняно з повітряними тепловими насосами.
- Можливість використання для охолодження в літній період.
- Тривалий термін служби компонентів системи.

Недоліки теплових насосів Вода-Вода:

- Високі початкові витрати на установку.
- Необхідність наявності водойми або доступу до ґрунтових вод.
- Для відкритих систем потрібні дозволи на використання водних ресурсів. Це може включати дозволи на буріння свердловин, забір води та скидання використаної води назад у водоносний горизонт або поверхневі води.

- Для закритих систем, що встановлюються в охоронюваній природній зоні або зоні з особливим статусом, також можуть знадобитися узгодження.

Важливо зазначити, що ефективність водяних теплових насосів може бути дуже високою, з COP що досягає 5 в ідеальних умовах. Це робить цей вид теплових насосів найбільш ефективним для опалення та охолодження в приватному будинку. На жаль, їх широке використання обмежує наявність потрібних умов для установки – якщо ділянка не підходить, нічого з цим не вдієш.

Гібридні теплові насоси. Такий вид теплових насосів насправді не має окремої назви, скоріше як «модифікація», коли використовується кілька технологій опалення. В Україні найбільш поширеним типом гібридних теплових насосів є системи з вбудованими ТЕНами (термоелектричними нагрівачами). Принцип роботи: основну роботу з опалення виконує тепловий насос (всіх типів, крім повітря-повітря), а при екстремально низьких температурах або при необхідності швидкого нагріву автоматично включаються вбудовані ТЕНи, забезпечуючи додаткове тепло.

Переваги:

- Базово працює в моновалентному режимі (без додаткових джерел тепла), що дозволяє не витрачати зайву електроенергію.

- Стабільне опалення навіть при дуже низьких температурах.
- Швидкий нагрів при необхідності.
- Підвищена надійність системи опалення.

Недоліки:

- Підвищене споживання електроенергії при включенні ТЕНів.
- Трохи вища початкова вартість порівняно зі звичайними тепловими насосами.
- Потрібна потужніша електропроводка в будинку.

Теплові насоси з вбудованими ТЕНами особливо ефективні в Україні, де, хоч і не часто, але бувають морози до -30 градусів і навіть більше. В таких умовах ТЕНи забезпечують додаткову потужність, коли ефективність теплового насоса знижується через низьку температуру зовнішнього повітря.

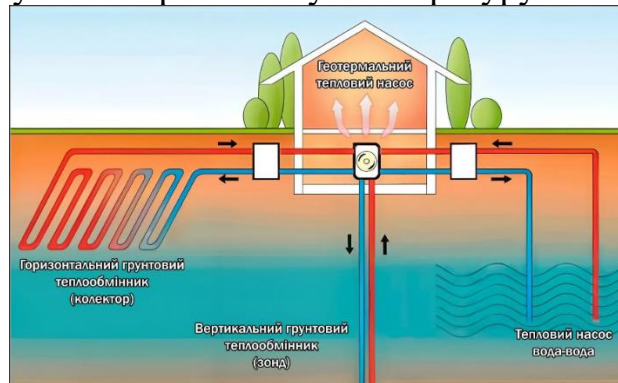


Рисунок 15.1. Геотермальний тепловий насос

Абсорбційні теплові насоси. Абсорбційні теплові насоси являють собою унікальний тип систем, які використовують теплову енергію замість електричної для стиснення холодоагенту. Тобто замість електричного компресора, абсорбційні теплові насоси використовують термохімічний процес, заснований на поглинанні і виділенні тепла при зміні агрегатного стану спеціальних розчинів. Простими словами, абсорбційний тепловий насос – це пристрій, який може нагрівати або охолоджувати будинок, використовуючи тепло замість електрики. Тепло може приходити з джерел:

- Від спалювання газу (як в газовій плиті).
- Від сонячних панелей.
- Від гарячої води, що залишилася після технічних процесів.

Переваги:

- Можуть працювати від різних джерел тепла (газ, сонячна енергія, відхідне тепло).
- Екологічні при використанні відновлюваних джерел енергії.
- Низьке споживання електроенергії.
- Головна перевага в тому, що можна використовувати тепло, яке інакше просто пішло б марно (особливо актуально для різних промислових процесів).

Недоліки:

- Менш ефективні, ніж компресійні теплові насоси.
- Невеликий вибір моделей.
- Можуть бути більшими і важчими за інші типи теплових насосів.

Абсорбційні теплові насоси не найкращий варіант для побутового використання. Зате можуть бути особливо ефективні для підприємств і виробництв, де є доступ до дешевого або безкоштовного джерела тепла, наприклад, відхідного тепла від виробничих процесів.

Таблиця 15.1. Порівняльна таблиця різних типів теплових насосів

Характеристика	Повітря-Повітря	Повітря-Вода	Геотермальний (горизонтальний)	Геотермальний (вертикальний)	Водяний
Ефективність (COP)	2,5-4	3-5	3,5-5,5	4-5,5	4-6
Вартість обладнання	Низька	Середня	Висока	Висока	Висока
Вартість встановлення	Низька	Середня	Висока	Дуже висока	Висока
Залежність від вуличної температури	Висока	Висока	Низька	Дуже низька	Дуже низька
Вимоги до ділянки	Мінімальні	Мінімальні	Велика площа	Мінімальні	Наявність водойми
Сумісність з системами опалення ³	Повітряне	Водяне	Водяне	Водяне	Водяне
Можливість використання для ГВП	Ні	Так	Так	Так	Так
Шумність	Середня	Середня	Низька	Низька	Низька
Термін служби	15-20 років	15-20 років	25-50 років	25-50 років	25-50 років
Ефективність при дуже низьких температурах (близько -20°C)	Дуже низька	Низька	Висока	Висока	Висока
Можливість охолодження	Так	Так*	Так*	Так*	Так*

Питання для самоконтролю

1. Для чого призначені теплові насоси?
2. Наведіть особливості їх класифікації?
3. Яким чином працює тепловий насос?
4. Який тип теплового насосу є найбільш ефективним?
5. Виконайте порівняльну оцінку різних типів теплових насосів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Горобець В.Г. Теплоенергетичні установки і системи: [Навчальний посібник] Горобець В.Г. – К.: ЦП «Компринт», 2018. – 380 с.
2. Теплоенергетичні установки. Конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання зі спеціальності 208 «Агроінженерія». Харків. ДБТУ; уклад.: С.О. Поляшенко, О.В. Єсіпов.– Харків: [б. в.], 2023.–109 с.
3. Проектування систем тепlopостачання сільського господарства: Навч. посіб. / Драганов Б.Х. та інш.; за ред. Б.Х. Драганова. – Київ: Техніка, 2003. – 161 С.
4. Прядко М.О., Павелко В.І., Василенко С.М. Теплові мережі: Навчальний посібник / За ред.. Прядка М.О. – К.: Алерта, 2005. -227с.
5. Єнін П.М., Швачко Н.А. Тепlopостачання. (частина 1. Теплові мережі та споруди: Навч. посібник. – К.: Кондор, 2007.- 244 с.
6. Конструкції елементів пневмоагрегатів [Текст] : навч. пос. / М. Г. Прокопов, С. М. Ванєєв, В. М. Козін, Ю. С. Мерзляков. – Суми : СумДУ, 2020. – 146 с.
7. Арсеньєв, В. М. Кріогенна техніка: основи теорії і розрахунку циклів кріогенних установок [Текст] : навч. посіб. / В. М. Арсеньєв, В. М. Козін. – Суми : СумДУ, 2021. – 272 с.
8. Козін, В. М. Холодильні технології: основи теорії, приклади і завдання [Текст] : навч. посіб. / В. М. Козін, С. О. Шарاپов. – Суми : СумДУ, 2021. – 140 с.
9. Арсеньєв В. М. Методичні вказівки до виконання розрахункової роботи на тему «Розрахунок повітроохолоджувача поверхневого типу» з дисципліни «Проектування холодильних установок» [Текст] : для студ. спец. 142 «Енергетичне машинобудування» за освітньо-професійною програмою «Холодильні машини і установки» денної та заочної форм навчання / В. М. Арсеньєв, О. Ю. Чех, В. М. Козін. – Суми : СумДУ, 2020. – 32 с.
10. Методичні вказівки до практичних занять із дисципліни «Тепломасообмін» [Текст] : для здобувачів за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти зі спец.: 142 «Енергетичне машинобудування» та 144 «Теплоенергетика» заочної форми навчання / В. М. Козін, С. С. Мелейчук. – Суми : СумДУ, 2020. – 90 с.
11. Методичні вказівки до виконання розрахункової роботи на тему «Розрахунок параметрів циклу» двоступеневої парокомпресійної холодильної машини з дисципліни «Теплофізичні основи низькотемпературної техніки» [Електронний ресурс] : для здобувачів за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти за спец. 142 «Енергетичне машинобудування» за освітньо-професійними програмами «Холодильні машини і установки» та «Опалення, вентиляція, кондиціювання повітря та штучний холод» денної, заочної та дистанційної форм навчання / В. М. Арсеньєв, В. М. Козін. – Суми : СумДУ, 2022. – 39 с.

Чепіжний Андрій Володимирович
Козін Віктор Миколайович
Сіренко Віктор Федорович

**ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ І
СИСТЕМИ АПВ**
Частина 2
**Енергетичні установки та відновлювальні джерела
енергії**
КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

Суми РВВ, Сумський національний аграрний університет, вул. Г. Кондратьєва, 160

Підписано до друку: січень, 2025р. Формат А5: Гарнітура Times New Roman
Тираж: 50 примірників Замовлення _____ Умов. друк. арк. 2,1
