

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ І СИСТЕМИ АПВ

Методичні вказівки щодо виконання самостійної роботи

СУМИ – 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет
Кафедра енергетики та електротехнічних систем

ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ І СИСТЕМИ АПВ

Методичні вказівки щодо виконання самостійної роботи

**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 : методичні вказівки щодо виконання самостійної роботи / укл. А. В. Чепіжний, В. М. Козін, В. Ф. Сіренко – Суми, 2025 – 49 с.

В методичних вказівках висвітлено питання самостійного вивчення здобувачами освіти матеріалу з дисципліни теплоенергетичні установки і системи АПВ.

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

© Сумський національний
аграрний університет, 2025

ВСТУП

Вивчення дисципліни «Теплоенергетичні установки і системи АПВ» дозволить сформувати 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 тепlopостачання 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 тепlopостачання, а також сучасних досягнень в указаній області.

Дисципліна «Теплоенергетичні установки і системи АПВ» базується на вивченні дисципліни «Джерела енергії та довкілля», «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.

Методичні вказівки щодо виконання самостійної роботи включають в себе матеріал для самостійного вивчення з дисципліни «Теплоенергетичні установки і системи АПВ» по кожній темі загального тематичного плану дисципліни.

ЗМІСТ

ТЕМА 1. ДЖЕРЕЛА ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ.....	7
ТЕМА 2. ПАЛИВО.....	9
ТЕМА 3. ОСНОВИ ТЕОРІЇ ГОРІННЯ.....	15
ТЕМА 4. КОТЕЛЬНІ УСТАНОВКИ. ТЕПЛОВИЙ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИЙ БАЛАНСИ КОТЕЛЬНОГО АГРЕГАТУ.....	19
ТЕМА 5. ДОПОМІЖНЕ ОБЛАДНАННЯ КОТЕЛЬНОЇ УСТАНОВКИ.....	23
ТЕМА 6. ВОДНЕ ГОСПОДАРСТВО ТА ВОДНИЙ РЕЖИМ КОТЛІВ.....	24
ТЕМА 7. ЗОВНІШНЄ ОБЛАДНАННЯ КОТЛОАГРЕГАТІВ.....	26
ТЕМА 8. ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ З ДВИГУНАМИ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ.....	28
ТЕМА 9. КОМПРЕСОРНІ МАШИНИ.....	30
ТЕМА 10. ТЕПЛОГЕНЕРАТОРИ, ВОДОНАГРІВАЧІ ТА ВЕНТИЛЯТОРИ.....	35
ТЕМА 11. ГАЗОПОСТАЧАННЯ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА.....	38
ТЕМА 12. ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ГАЗУ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ.....	40
ТЕМА 13. СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ.....	41
ТЕМА 14. ВІДНОВЛЮВАНІ ТА ВТОРИННІ ЕНЕРГОРЕСУРСИ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ.....	45
ТЕМА 15. ТЕПЛОНАСОСНІ УСТАНОВКИ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ.....	46
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	48

ТЕМА 1. ДЖЕРЕЛА ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ

План

1.1. Використання енергетичних і теплових ресурсів.

1.1. Використання енергетичних і теплових ресурсів

Енергетичні ресурси (джерела енергії) – це матеріальні об'єкти, в яких зосереджена енергія, придатна для практичного використання людиною.

Види енергоресурсів. Енергоресурси поділяють на первинні та вторинні.

Первинні енергоресурси – це природні ресурси, які не переробляли і не перетворювали: сира нафта, природний газ, вугілля, горючі сланці, вода річок і морів, гейзери, вітер тощо.

У свою чергу, первинні ресурси (або види енергії) поділяють на поновлювані і непоновлювані. Непоновлювані джерела енергії – це природно утворені й накопичені в надрах планети запаси речовин, здатних за певних умов звільняти енергію, що міститься в них. Такими є викопне органічне паливо (вугілля, нафта, природний газ, торф, горючі сланці), ядерне паливо. Поновлювані джерела енергії – ті, відновлення яких постійно здійснюється в природі (сонячне випромінювання, біомаса, вітер, вода річок та океанів, гейзери тощо), і які існують на основі постійних чи періодично виникаючих в природі потоків енергії, наприклад: сонячне випромінювання (біомаса, енергія сонця, вітру, хвиль); гравітаційна взаємодія Сонця, Місяця і Землі (наслідком якої є, наприклад, морські припливи та відпливи); тепла енергія ядра Землі, а також хімічних реакцій і радіоактивного розпаду в її надрах (геотермальна енергія джерел гарячої води – гейзерів). Крім природних джерел поновлюваних енергоресурсів, сьогодні дедалі більшого значення набувають антропогенні, до яких належать теплові, органічні та інші відходи діяльності людства.

Різні види енергетичних ресурсів мають різну якість, для палива її характеризує теплотворна спроможність, тобто скільки енергії (тепла) може виділити це джерело.

Відновлювані енергоресурси. Перевага таких джерел енергії – їх вистачить на мільйони чи навіть на мільярди років, вони не завдають шкоди природі.

Згідно з класифікацією Міжнародного енергетичного агентства до поновлюваних джерел енергії належать такі категорії:

- відновлювані джерела енергії (ВДЕ), які спалюються, і відходи біомаса;
- тверда біомаса і тваринні продукти: біологічна маса, у тому числі будь-які матеріали рослинного походження, що використовуються безпосередньо як паливо або перетворюються на інші форми перед спалюванням (деревина, рослинні відходи і відходи тваринного походження; деревне вугілля, яке одержують з твердої біомаси;
- газ/рідина з біомаси: біогаз, отриманий у процесі анаеробної ферментації біомаси і твердих відходів, який спалюється для виробництва електрики і тепла;
- муніципальні відходи: матеріали, що спалюються для продукування теплової та електричної енергії (відходи житлового, комерційного і

громадського секторів). Утилізуються муніципальною владою з метою централізованого знищення;

- промислові відходи: тверді й рідкі матеріали (наприклад, автомобільні покриття), що спалюються безпосередньо, зазвичай на спеціалізованих підприємствах, для виробництва теплової й електричної енергії;

- гідроенергія: потенційна, або кінетична, енергія води, перетворена на електричну енергію за допомогою гідроелектростанцій, як великих, так і малих;

- геотермальна енергія: тепла енергія, що надходить із земних надр, зазвичай у вигляді гарячої води або пари. Використовується для виробництва або безпосередньо як джерело тепла для систем теплопостачання, потреб сільського господарства тощо;

- сонячна енергія: випромінювання Сонця, що використовується для одержання гарячої води й електричної енергії;

- енергія вітру: кінетична енергія вітру, що застосовується для виробництва електроенергії у вітрових турбінах;

- енергія припливів, морських хвиль і океану: механічна енергія припливних потоків, або хвиль, що використовується для виробництва електричної енергії.

У структурі світового виробництва електричної енергії ВДЕ посідають почесне друге місце. Вони забезпечили 19% світового виробництва електроенергії в 2000 р., слідом за вугіллям (39%), випередивши атомну енергетику (17%), природний газ (17%) і нафту (8%). Основну кількість електроенергії, що виробляється ВДЕ, отримано на гідроелектростанціях (92%). Незважаючи на значний прогрес у розвитку, геотермальна, сонячна й вітрова енергетика забезпечили в 2000 р. менше 3% від загального внеску ВДЕ, хоча вже у 2002 р. ця цифра зросла до 4%.

Невідновлювані енергоресурси:

1. Природний газ. Природний газ – це третє за величиною джерело енергії. Відомо, що 25% енергії у світі виробляється з природного газу. Вміст енергії в природному газі високий, майже такий самий, як у нафті. Україна використовує до 100 млрд м³ природного газу на рік, з яких власний видобуток становить близько 20 млрд м³.

Розвідані запаси газу в Україні складають 1,1 трлн м³. Уже розвіданих запасів газу вистачить на 50 років при сучасному рівні видобутку.

Природний газ використовується як паливо для електростанцій, побутове паливо, як сировина для промисловості тощо. Газ легко транспортувати до місця споживання по трубах. А перевівши його у скраплений стан, можна перевозити у залізничних та автоцистернах, нафтових танкерах.

2. Торф. Торф є найменш сформованою формою вугілля, що досить сильно зберегла риси рослинного походження і складається з води (90%), вуглецю (5%) та летючих матеріалів (5%). Залягає він переважно на болотах. У помірному кліматі середньорічна швидкість росту торфу на болотах 0,55-2мм.

3. Вугілля. Вугілля, як непоновлюване енергоджерело було використане першим. Провідна роль в освоєнні вугілля як джерела енергії належить Англії, де розпочалася промислова революція. Можна сказати, що вугілля і пара забезпечили перемогу капіталізму над феодализмом і започаткували епоху промислового капіталізму в Європі й Америці. Внаслідок використання вугілля для виробництва енергії збільшилося забруднення навколишнього середовища, але сповільнився ще гірший процес – знищення лісів.

Питання для самоконтролю

1. Які існують основні джерела енергії?
2. Наведіть основні показники джерел енергії?
3. Як поділяються джерела енергії?
4. Які джерела енергії є нетрадиційними?
5. Які джерела енергії належать до традиційних?

ТЕМА 2. ПАЛИВО

План

2.1. Паливне господарство.

2.1. Паливне господарство

Загальна характеристика паливного господарства. Паливо для кожної конкретної теплопостачальної установки доставляється відповідно до потреби на основі паливно-енергетичного балансу району. Вид палива вибирається залежно від місця розташування господарства з урахуванням витрат на його видобуток, транспортування й підготовку до спалювання.

Паливне господарство котелень являє собою комплекс споруджень, пристроїв і механізмів для приймання, розвантаження, зберігання, переміщення й подавання палива в бункери котлів, а також для його оброблення та підготовки до спалювання.

Принципову схему паливного господарства, умови й особливості його роботи визначають багатьма факторами, основними серед яких є:

- вид палива і його властивості;
- спосіб спалювання;
- продуктивність котельної установки і її розташування;
- спосіб доставки палива.

Загалом паливне господарство розділяють на:

- вузол доставки, приймання і розвантажування палива; склади палива;
- пристрої для подавання палива в приміщення котельні; прилади обліку палива;
- ділянка підготовки палива до спалювання; механізми для подавання палива в топку котла.

Принципова схема твердопаливного господарства. Тверде паливо від місця видобутку до котельних установок зазвичай доставляють залізничним транспортом. Приймальне устаткування розміщують у критих приміщеннях і складається з однієї або декількох залізничних колій, нижче яких розміщують

траншеї або бункери, куди паливо висипається із саморозвантажних вагонів. Місткість бункерів (траншей) має бути не менше одного поїзда.

Паливне господарство котельень, що працюють на твердому паливі, включає:

- пристрій для зважування палива, що прибуває;
- пристрій для розпушення або розморожування палива у вагонах;
- приймально-розвантажувальні пристрої;
- резервний і видатковий склади палива;
- механізми для подавання палива від приймально-розвантажувального пристрою до складу і котлів;
- пристрої для здрібнювання й очищення палива; пристрої для зважування палива, що витрачають. Схему паливного господарства показано на рис. 2.1.

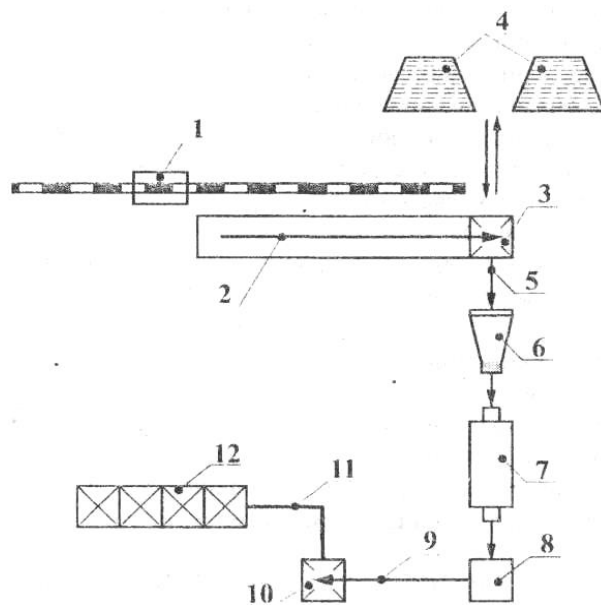


Рисунок 2.1. Схема паливного господарства котельні на твердому паливі: 1 – вагонні ваги; 2 – розвантажувальна траншея; 3 – вузол пересипання; 4 – склад; 5 – конвеєр; 6 – сепаратор; 7 – дробарка; 8 – автоматичні ваги; 9 – транспортер; 10 – розподільний пункт; 11 – піднімально-транспортний пристрій; 12 – бункери котлів

Вагони з паливом зважують на вагах 1 і направляють до приймально-розвантажувального пристрою, де паливо вивантажують з вагонів у траншею 2. З вузла пересипання 3 паливо подають або на склад 4, або в дробильну установку 7. У дробильну установку паливо також подається зі складу. Тип дробильної установки залежить від способу спалювання палива. У разі шарового спалювання застосовують валково-зубчасті або гвинтові, камерного – молоткові дробарки.

Для видалення з палива металевих часток, які можуть ушкодити дробильні механізми, на тракті подачі палива перед дробарками встановлюють сепаратори 6. Сепаратори можуть бути: магнітні – у котельнях великої потужності й електромагнітні підвісні – у котельнях малої й середньої потужності. Якщо для камерного згоряння виготовляється пиловугільна

суміш, то крім сепараторів на тракті подавання палива встановлюють також пристрій для видалення деревних включень.

На підприємствах облаштовують видатковий склад твердого палива й склад резервного палива. Склади резервного палива мають таку місткість, яка забезпечує роботу котлів на повну потужність протягом двох тижнів. Якщо резервний склад відокремлений від котельні, то поблизу розташовують видатковий склад із запасом палива не менш, ніж па три доби.

Під склади обладнують горизонтальні сухі майданчики біля котельні. Для відведення дощових і талих вод майданчик має бути з невеликим ухилом убік відвідних лотків. Поверхню ґрунту покривають шаром шлаків і глини товщиною близько 10-15 см з пошаровим укоченням. На твердих суглинних ґрунтах основу зі шлаків і глини для розташування штабеля палива можна не наносити, а лише ущільнити природний ґрунт. Під час зберігання на складі вугілля може самозайматися.

Одним зі способів запобігання самозайманню є дотримання висоти штабеля, нормованої залежно від групи вугілля і терміну його зберігання (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 Особливості зберігання палива

Група вугілля	Висота штабеля (м) під час зберігання	
	до 2-х місяців	більше 2-х місяців
Буре	2,0-2,5	1,5-2,0
Кам'яне (крім марки «Т»)	2,5-3,5	2,0-2,5
Кам'яне марки «Т»	3,5	2,5
Антрацит	не обмежує	не обмежує

Вугілля другої групи для зберігання понад 2 місяців складають в штабель шарами 1,5-2,0 м з ретельним коткуванням кожного шару, а також бічних укосів спеціальними ковзанками. У разі зберігання від 16 діб до двох місяців роблять укочення тільки поверхні штабеля.

Під час зберігання вугілля має бути систематичний контроль температури палива. Для цього встановлюють залізні труби діаметром не менш 25 мм у різних місцях найбільшої товщини штабеля й укосів. Відстань між трубами залежить від марки вугілля: для бурого вугілля – не більше 4...6 м, для антрациту – не менше 25 м. Небезпечним є підвищення температури вище 60°C. У разі підвищення температури поверхню над осередком потрібно ретельним чином ущільнити, використавши дрібне вугілля тієї ж марки. Якщо й після цього температура перевищує 60°C, то із зони підвищеної температури потрібно вибрати нагріте вугілля, а в штабель закласти свіже вугілля тієї ж марки.

Заборонено гасити вугілля водою через те, що підвищена вологість і зольність сприяє самозайманню. Для нормального функціонування склади забезпечують різними механізмами для формування штабеля й подавання палива споживачам.

Вибір режиму роботи системи подавання палива залежить від витрат палива в котельні й продуктивності такту паливоподавання, що має

забезпечити безперебійну роботу котлів і створити достатній запас палива в бункерах котлів:

- у разі паливоподавання в одну зміну - не менш, ніж на 18 годин роботи;
- у разі двох змін - на 10 годин роботи;
- у разі трьох змін - на 3 години роботи.

Вивчення особливостей використання мазуту як котельного палива.

Для парових і водогрійних котлів використовують рідке паливо – мазут, який має підвищену в'язкість і великий вміст сірки (деякі марки до 3,5%). Характеристику мазуту наведено в таблиці 2.2.

Мазут може використовуватися як основне паливо або як резервне, якщо основним є природний газ, а мазут використовують лише в зимові місяці. Мазут може також використовуватися як аварійне паливо у разі короткочасного припинення подавання основного палива - газу, а також як розпалювальне, коли основним видом палива є пилоподібне тверде паливо. Мазут використовують для розпалення топок у разі спалювання пилу з низькосортного твердого палива (наприклад, у разі спалювання бурого вугілля у киплячому шарі).

Таблиця 2.2. Основні характеристики мазуту

Показники	Мазут					Пічне побутове паливо
	флотський		топковий			
	Ф15	Ф12	40	100	200	
Температура застигання, °С	-5	-8	+10	+25	+36	-15
Температура спалаху, °С, за визначенням у тиглі:						
- закритого типу	80	90	-	-	-	42
- відкритого типу	-	-	90	100	140	-
Теплота згорання, МДж/кг	-	-	40,6	40,3	40,2	-
В'язкість умовна (за t = 40°C), Вγ	7,5	21	80	200	200	5

Залежно від потужності котельні рідке паливо з нафтобази транспортують залізницею або автомобільним транспортом.

У котельнях малої й середньої потужності застосовують дві системи мазутного господарства: циркуляційну й тупикову.

Циркуляційну систему мазутного господарства використовують в котельнях паропроодуктивністю понад 2,78кг/с. За цією системою паливо з мазутосховища в котельню подають безупинно. Не все паливо згоряє в топках, близько 50% його вертається зворотним мазутопроводом в мазутосховище. У такий спосіб відбувається часткова рециркуляція палива.

У тупикових схемах паливо із зовнішніх резервуарів до котельні подається періодично для наповнення видаткових баків, установлених у приміщенні. Схему такого мазутного господарства показано на рис. 2.2.

Мазут із залізничної цистерни 1 зливають через зливальний прилад у приймальний бункер 2. Приймальний пристрій мазутного господарства передбачається для прийому цистерн ємністю 50...60т. Довжина приймального пристрою має забезпечувати злив добової витрати мазуту самопливом.

З бункера 2 по лотку 3 мазут стікає в сховище 7, звідки за допомоги відцентрових насосів 6 його перекачують у котельню.

Перед використанням мазут нагрівають, відокремлюють від води н фільтрують, щоб забезпечити нормальну роботу насосів і розпилювальних пристроїв фільтр грубого очищення 5 встановлюють перед насосом, а тонкого 8 - після підігрівника 7. Крім звичайнії сітчастих фільтрів використовують фільтрувальні барабани із сітками, які можна швидко замінити. Забруднені фільтри продувають паром.

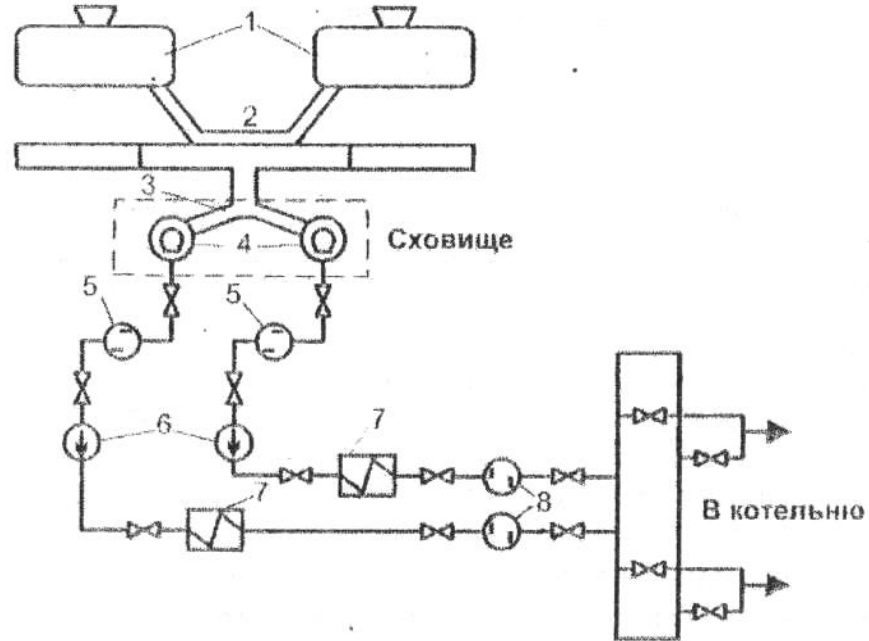


Рисунок 2.2. Тупикова схема подачі мазуту: 1 – залізнична цистерна; 2 – приймальний бункер; 3 – приймальний лоток; 4 – мазутосховище; 5 – фільтр грубої очистки; 6 – насос; 7 – підігрівник; 8 – фільтр тонкої очистки

Для подачі мазуту від насосної мазутного господарства до котельні прокладають мазутопровід з ухилом 0,003...0,005. Швидкість руху мазуту – 1,4...2,0 м/с, швидкість пари в паропроводі – 4,0...60 м/с, а конденсату – 1,3...2,0 м/с.

Перекачують мазут за вищої температури на 15°C від температури застигання. Щоб мазут не прохолоджувався в трубопроводах їх прокладають в одній оболонці з паропроводом. Поверхню трубопроводів і іншого мазутного устаткування з температурою понад 450 °C покривають тепловою ізоляцією.

На паромазутопроводах рекомендується встановлювати тільки сталеві арматури, тому що чавунна не витримує навантаження у разі термічного розширення. За необхідності на трасах установлюють П-подібні і компенсатори.

Щоб поліпшити експлуатаційні властивості мазуту, його обробляють різноманітними присадками.

Мазут зберігають у наземних металевих цистернах і резервуарах, або в підземних залізобетонних резервуарах. Мазутосховища обладнують показниками рівня, піднімальними збірними трубами, термометрами.

Температура в приймальних баках і сховищах підтримується на рівні 60...70°C. Один раз у три роки сховища необхідно очищати від бруду й шлаків.

Місткість мазутосховищ вибирається залежно від способу доставки мазуту, призначення мазутного господарства й виграти мазуту. У разі доставки мазуту залізницею для основного мазутного господарства промислових ТЕЦ місткість мазутосховищ є рівною 15-добовим витратам, дня резервного мазутного господарства - 10-добовим, а у разі доставки мазуту трубопроводом - 3-добовим витратам. Якщо мазут застосовують як резервне паливо для котлів, що працюють на газі, місткість мазутосховища розраховуються на десятидобові, а якщо як аварійне - на п'ятидобові витрати.

Якщо мазут використовують тільки для розпалювання, то необхідно встановити 2 резервуари місткістю по 100 тонн. Вони можуть бути підземні й надземні. До підземного також відносять резервуари, побудовані на поверхні землі із земляним обсіпанням на 0,2 м вищим за припустимі найвищі рівні мазуту в резервуарі. Ширина обсіпання не менша 3 м.

Наземні металеві паливосховища покривають теплового ізоляцією. Підземні паливосховища роблять залізобетонними. У разі розігрівання мазут забирають з нижньої частини резервуара, подають насосами через підігрівники, розташовані зовні резервуарів, і направляють назад через спеціальний колектор з насадками на дні резервуара. Підігрітий мазут не допускається подавати на поверхню мазуту, що перебуває в резервуарі.

Гранично-допустима температура підігрітого мазуту – 80°C, а та «холодного» зберігання – не має бути менше 10...25°C, (залежно від марки мазуту - див. табл. 2.2). Підігрів мазуту марки 100 допускається до 130...135°C за тиску 2,5...3,5МПа й до температури 100...110°C за тиску 0,2...0,5МПа.

Експлуатація резервуарів полягає в систематичному спостереженні за всіма вузлами своєчасної ліквідації виявлених несправностей. Варто робити періодичне очищення резервуарів від опадів, краще механізованим способом із застосуванням відповідних препаратів.

Ремонт резервуарів буває оглядовий і капітальний. Оглядовий ремонт проводять без спорожнювання резервуарів не рідше двох разів у рік. Він полягає в перевірці стану корпусу й ліквідації виявлених дефектів.

Поточний ремонт здійснюють не рідше одного разу у два роки. При цьому очищають внутрішню поверхню, ремонтують корпус і днище, замінюють або ремонтують устаткування, випробовують на міцність і щільність окремі вузли, фарбують резервуар. Капітальний ремонт викопують в міру необхідності залежно від стану резервуара за даними оглядового й поточного ремонтів.

Питання для самоконтролю

1. Які види палива використовуються в паливному господарстві енергетичних підприємств?
2. Яким чином організовують зберігання твердого палива?
3. Яким чином організовують зберігання рідкого палива?
4. В чому полягає відмінність використання різних типів палива?

ТЕМА 3. ОСНОВИ ТЕОРІЇ ГОРІННЯ

План

- 3.1 Способи спалювання рідкого палива.
- 3.2. Витрата повітря, необхідного для горіння. Склад і об'єм продуктів згоряння.
- 3.3. Ентальпія продуктів згоряння.

3.1 Способи спалювання рідкого палива

Для швидкого та економічного спалювання рідкого палива необхідно забезпечити такі умови: дрібний розпил, ретельне перемішування із окислювачем і стабілізація горіння. Для розпилювання рідкого палива застосовують форсунки, що поділяють на чотири види: механічні, парові, ротаційні та пневматичні.

У механічних форсунках розпилювання відбувається за допомогою паливного насоса. Перед форсункою паливо має бути очищене від механічних домішок, які можуть засмітити отвори форсунки. Тиск палива перед форсункою звичайно становить 1,2...1,6 МПа. Будова механічної форсунки із механічним розпилюванням наведена на рис. 3.2, а. Мазут із ствола 2 подається через отвори розподільного диска, звідки через отвори розпилювальної головки надходить у топку.

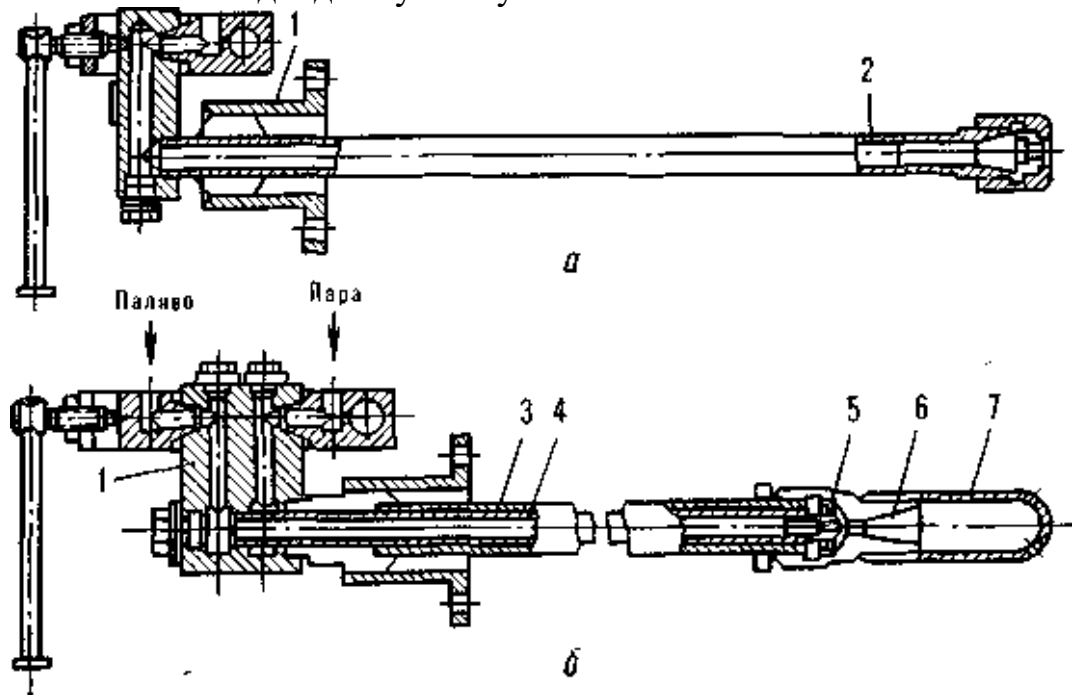


Рисунок 3.2. Мазутні форсунки: а – з механічним розпилюванням; б – з паровим розпилюванням; 1 – корпус; 2 – ствол із розподільними дисками; 3 і 4 – зовнішня і внутрішня труби; 5 – сопло; 6 – дифузор; 7 – насадка

У парових форсунках розпилювання відбувається за допомогою пари. У цих форсунках (рис. 2.3, б) мазут надходить у кільцевий простір між трубками 3 і 4. Пар для розпилювання проходить через внутрішню трубку до дифузора 6, внаслідок чого створює розрідження і набуває великої швидкості. Мазут

надходить до дифузора, захоплюється парою і розпилюється за допомогою насадки 7 із отворами. На 1 кг мазуту витрата пари становить приблизно 0,4 кг.

У ротаційній форсунці (рис. 2.4) паливо (підігрітий мазут) по трубці 7, що проходить всередині валу, подається на внутрішню поверхню стакану 4, що обертається із частотою 5000...7000 хв⁻¹. Завдяки цьому паливо швидко розтікається тонким шаром і під впливом відцентрової сили розбризкується. Потік повітря проходить через завихрювач 5 і розбиває паливо на дрібні частинки, виносячи їх до топкового об'єму. Вал із стаканом обертається від електродвигуна через пасову передачу.

У пневматичних форсунках (рис. 3.4) мазут вноситься у топку повітрям, що надходить через внутрішній канал 1 пальника до завихрювача 2. Після виходу із завихрювача повітря захоплює мазут, поданий через ствол 6 пальника. Вторинне повітря надходить у топку через канал 5 та реєстр 4. Призначення останнього – забезпечити вихровий рух повітря.

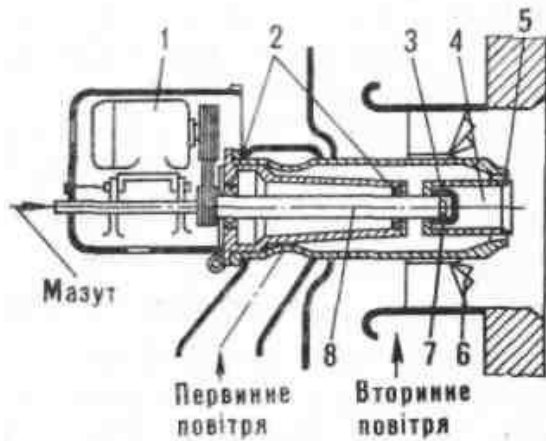


Рисунок 3.3. Ротаційна форсунка: 1 – електродвигун; 2 – підйомники; 3 – гайка з отворами; 4 – стакан; 5 – первинний завихрювач; 6 – завихрювач; 7 – трубка, що проходить всередині валу; 8 – пустотний вал

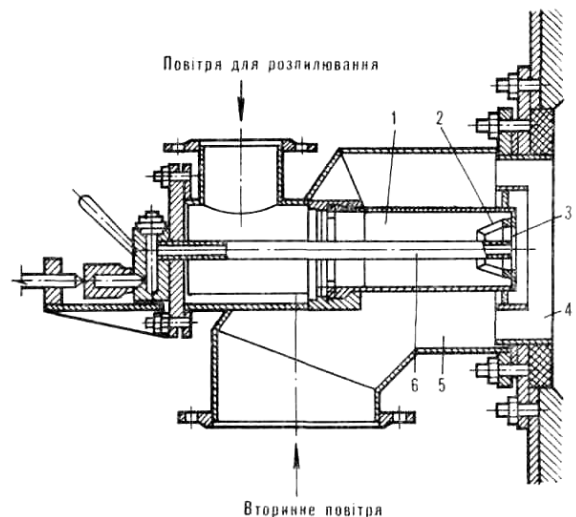


Рисунок 3.4. Форсунка із пневматичним розпилюванням: 1 – внутрішній канал; 2 – завихрювач; 3 – півпарне кільце; 4 – реєстр; 5 – зовнішній канал; 6 – мазутний ствол

Рідке паливо спалюють у камерних топках із цегляною кладкою, яка, акумулюючи теплоту, сприяє стійкому процесу горіння. Теплонапруження топкового об'єму при спалюванні мазуту не перевищує 300 кВт/м³. Коефіцієнт надлишку повітря звичайно перебуває у межах 1,15...1,35.

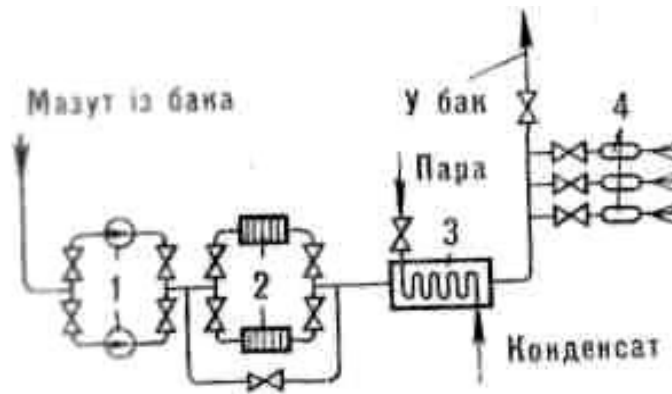


Рисунок 3.5. Схема подачі мазуту до механічних форсунок: 1 – насоси; 2 – фільтри; 3 – підігрівник; 4 – розпалювальні форсунки

Схема подачі мазуту до механічних форсунок наведена на рис. 3.5. Із бака мазут насосами 1 подається до фільтрів 2. Для зменшення в'язкості палива і поліпшення умов його розпилювання паливо підігрівають у підігрівнику 3, звідки воно надходить до форсунок 4.

3.2. Витрата повітря, необхідного для горіння. Склад і об'єм продуктів згорання.

Розрахунок виконується в такій послідовності:

1. Визначити теоретичний об'єм повітря, необхідного для повного згорання палива, $\text{м}^3/\text{м}^3$:

$$V^0 = 0,0476 \left[0,5CO + 0,5H_2 + 1,5H_2S + \sum \left(m + \frac{n}{4} \right) C_m H_n - O_2 \right] \quad (3.1)$$

де m – число атомів вуглецю; n – число атомів водню.

2. Визначити теоретичний об'єм азоту в продуктах згорання, $\text{м}^3/\text{м}^3$:

$$V_{N_2}^0 = 0,79V^0 + \frac{N_2}{100} \quad (3.2)$$

3. Визначити об'єм трьохатомних газів, $\text{м}^3/\text{м}^3$:

$$V_{RO_2}^0 = 0,01(CO_2 + CO + H_2S + \sum mC_m H_n) \quad (3.3)$$

4. Визначити теоретичний об'єм водяних парів, $\text{м}^3/\text{м}^3$:

$$V_{H_2O}^0 = 0,01 \cdot \left(H_2S + H_2 + \sum \frac{n}{2} C_m H_n + 0,124 \cdot d_{г.тл.} \right) + 0,0161 \cdot V^0 \quad (3.4)$$

де $d_{г.тл.}$ – вологовміст газоподібного палива, віднесене до 1 м^3 сухого повітря, $\text{г}/\text{м}^3$, (приймаємо $10^{-3} \text{ кг}/\text{м}^3 \approx 1 \text{ г}/\text{м}^3$).

5. Визначити середній коефіцієнт надлишку повітря в газоході для кожної поверхні нагрівання:

$$\alpha_{cp} = \frac{\alpha' + \alpha''}{2} \quad (3.5)$$

де α' – коефіцієнт надлишку повітря перед газоходом; α'' – коефіцієнт надлишку повітря після газоходу.

6. Визначити надлишкову кількість повітря для кожного газоходу, $\text{м}^3/\text{м}^3$:

$$V_{изб}^e = V^0 \cdot (\alpha_{cp} - 1) \quad (3.6)$$

7. Визначити дійсний об'єм водяних парів, $\text{м}^3/\text{м}^3$:

$$V_{H_2O} = V_{H_2O}^0 + 0,0161 \cdot (\alpha_{cp} - 1) \cdot V^0 \quad (3.7)$$

8. Визначити дійсний сумарний об'єм продуктів згорання, $\text{м}^3/\text{м}^3$:

$$V_z = V_{RO_2} + V_{N_2}^0 + (\alpha_{cp} - 1) \cdot V^0 + V_{H_2O} + 0,0161 \cdot (\alpha_{cp} - 1) \cdot V^0 \quad (3.8)$$

9. Визначити об'ємні долі трьохатомних газів та водяних парів, а також сумарну об'ємну долю по формулам:

$$r_{RO_2} = \frac{V_{RO_2}}{V_z} \quad (3.9)$$

$$r_{H_2O} = \frac{V_{H_2O}}{V_z} \quad (3.10)$$

$$r_n = r_{RO_2} + r_{H_2O} \quad (3.11)$$

3.3. Ентальпія продуктів згорання

Кількість теплоти, яке міститься в повітрі або продуктах згорання називають тепловмістом (енральпією) повітря або продуктів згорання. При виконанні розрахунків прийнято ентальпію повітря і продуктів згорання відносити до 1 м^3 (при нормальних умовах) газоподібного палива.

Розрахунок ентальпій продуктів згорання проводиться при дійсних коефіцієнтах надлишку повітря після кожної поверхні нагріву. Розрахунок слід проводити для всього можливого діапазону температур після поверхонь нагріву, так як ці температури невідомі.

В подальших розрахунках при користуванні значеннями ентальпії допускається лінійна інтерполяція в інтервалі температур 100 К . Тому при розрахунках ентальпії інтервал температур не повинен бути більше 100 К .

Визначення ентальпії повітря і продуктів згорання виконується в такій послідовності:

1. Визначаємо ентальпію теоретичного об'єму повітря для всього вибраного діапазону температур для газу, кДж/м³

$$I_{\varepsilon}^0 = V^0 \cdot (c\vartheta)_{\varepsilon} \quad (3.12)$$

де $(c\vartheta)_{\varepsilon}$ - ентальпія 1 м³ повітря, кДж/м³.

2. Визначаємо ентальпію теоретичного об'єму продуктів згоряння для всього вибраного діапазону температур, кДж/м³

$$I_{\varepsilon}^0 = V_{RO_2} \cdot (c\vartheta)_{RO_2} + V_{N_2}^0 \cdot (c\vartheta)_{N_2} + V_{H_2O}^0 \cdot (c\vartheta)_{H_2O} \quad (3.13)$$

де $(c\vartheta)_{RO_2}$, $(c\vartheta)_{N_2}$, $(c\vartheta)_{H_2O}$ - відповідно ентальпія 1 м³ трьохатомних газів, теоретичного об'єму азоту, теоретичного об'єму водяних парів.

3. Визначаємо ентальпію надлишкової кількості повітря для всього вибраного діапазону температур, кДж/м³

$$I_{изб.}^0 = (\alpha - 1) \cdot I_{\varepsilon}^0 \quad (3.14)$$

4. Визначаємо ентальпію продуктів згоряння при коефіцієнту надлишку повітря $\alpha > 1$, кДж/м³

$$I = I_{\varepsilon}^0 + I_{изб.}^0 + I_{зл} \quad (3.15)$$

де $I_{зл}$ - ентальпія золи, враховується тільки при $\alpha_{ун} A^n > 1,4 \text{ кг} \cdot 10^2 / \text{МДж}$.

Питання для самоконтролю

1. Яким чином виконують спалювання рідкого палива?
2. Який тип форсунок використовують для спалювання рідкого палива?
3. Наведіть послідовність визначення витрат повітря.
4. Від чого залежить витрата повітря при спалюванні палива?
5. Що таке ентальпія?

ТЕМА 4. КОТЕЛЬНІ УСТАНОВКИ. ТЕПЛОВИЙ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИЙ БАЛАНСИ КОТЕЛЬНОГО АГРЕГАТУ

План

- 4.1. Особливості спалювання палива.
- 4.2. Особливості експлуатації парових та водогрійних котлів.

4.1. Особливості спалювання палива

Для котлів малої й середньої потужності широко застосовують топки із щільним шаром, прості в експлуатації, придатні для різних сортів палива, не вимагають більшої місткості. Можуть працювати зі значними коливаннями

теплого навантаження та відрізняються відносно невеликою витратою енергії на власні потреби. Вибір відповідних характеристик топкового пристрою пов'язаний з якістю палива, що спалюється, і прийнятим способом його спалювання. Обслуговування топки, у якій паливо спалюється в шарі, включає наступні операції: подавання палива в топку; шуровання шару; видалення з топки шлаків.

Залежно від ступеня механізації зазначених операцій топкові пристрої можна розділити на: немеханізовані (всі операції виконуються вручну); напівмеханізовані (механізовані одна або дві операції) механічні (механізовані всі три операції).

За довжиною ґрат процес горіння в топці з ланцюговою решіткою розділяється на такі етапи: підготовка палива (прогрівання, просушування, виділення легких речовин); випал (догорання палива) і видалення шлаків. Оскільки для різних етапів горіння потрібна різна кількість повітря, застосовують секційне дуття, що поліпшує горіння палива. Водночас знижується й втрата теплоти з відхідними газами, у зв'язку зі зниженням загального для всієї топки коефіцієнта надлишку повітря.

Так, у першу зону (за напрямком руху ґрат) повітря подається в невеликій кількості (майже 10%). В останню зону в разі зниження форсування топки подається 5-10% повітря, а в разі підвищення - до 20 %. Основна кількість повітря (70-80%) подається в зону активного горіння.

Швидкість руху полотна ґрат варто вибирати з таким розрахунком, щоб активне горіння закінчувалося на початку останньої шлакової зони. Швидкість руху трат й розподільника повітря за зонами залежно від виду палива встановлюються на підставі налагоджувальних випробувань і вказуються в режимній карті.

У процесі експлуатації ланцюгових ґрат зустрічаються наступні неполадки: зачіпання рухливою частиною ґрат нерухомих частин; перегрівання колосників, ушкодження нижніх колекторів екранів, що є панелями ґрат, ушкодження підшипників і шийок валів ґрат, обгорання контактних ущільнень і бічних тримачів, жолоблення передньої частини ґрат.

Особливістю горіння палива в топці з ланцюговими ґратами прямого ходу є одностороннє верхнє його запалювання, тому що свіже паливо із завантажувального контейнера лягає на відносно холодні колосники. Основним джерелом теплоти, що визначає прогрівання і запалення свіжого палива, є випромінювання газів з топкового обсягу.

Запалювання палива від безпосереднього його зіткнення з палаючими частками відіграє невелику роль у загальному процесі запалення палива. У зв'язку із зазначеною особливістю під час спалювання малореакційних і вологих палив на ланцюгових ґратах доводиться вживати заходів для інтенсифікації запалювання палива.

Для інтенсифікації запалювання антрациту - палива з малим виходом легких речовин - застосовують топкову камеру із сильно розвиненим і низько розміщеним заднім зводом, завдяки чому гарячі гази, що утворюються в зоні активного горіння, направляються до початкової ділянки шару, сприяючи

запалюванню свіжого палива. Крім того, наявне після шлакової зони надлишкове гаряче повітря за такого розміщення зводу направляється в зону найбільш активного горіння.

Під час спалювання шматкового торфу, що має значну вологість ($W^p = 40-50\%$), для інтенсифікації процесу запалювання застосовують спеціальні передтопки. Торф подається в цегельну шахту - передтопок, де частково підсушується й потім надходить на ланцюгові ґрати. Підсушування торфу відбувається завдяки осередкам горіння, що утворюються на сходах передтопка, куди подається частина повітря, що йде на горіння торфу.

Характерною рисою горіння палива в топці з ланцюговими ґратами зворотного ходу є нижнє необмежене запалювання палива. Паливо подається на ґрати за допомогою пневмомеханічних закидачів. Великі його фракції, що надходять на далеку від фронту топки частину ґрат, потрапляють на палаючий шар. Дрібні частки, згоряючи у топці переважно у зваженому стані, лягають на палаючий шар ближче до фронту горіння. Гази, що входять із горючого на ґратах шару палива, поряд з інертними продуктами повного горіння, містять горючу складову, а також кисень.

Щоб уникнути значних втрат теплоти від хімічного недопалу продукти горіння, що містять горючі компоненти й кисень, необхідно в топковій камері добре перемішати для завершення горіння. Досить ефективним способом інтенсифікації процесу перемішування газів у топці є застосування «гострого» дуття, тобто введення в топкову камеру з відносно великою швидкістю (50-70 м/с) щодо тонких струменів повітря. Витрата повітря на «гостре» (вторинне) дуття становить 5-10% загальної кількості повітря.

Для зменшення втрати теплоти палива, що догоряє, необхідно всіляко інтенсифікувати його випал на жужільній ділянці ґрат. Ефективним щодо цього є низько розташовані гарячі цегельні опори. За налагодженого процесу горіння на ґратах має до кінця закінчуватися приблизно на відстані 0,3-0,5 м від місця скидання шлаків з решітки. У місці сходу шлаків установлюють шлакознімач, що трохи сповільнює рух шлаків, сприяючи його випалу, а також захищає ґрати від оголення.

Застосування гарячого дуттьового повітря також сприяє інтенсифікації горіння палива в шарі. Гак, під час спалювання антрациту повітря підігрівають до 150-170°C, а палива з більшим виходом легких речовин - до 200-250°C.

В останні роки все більшого застосування набувають топки з киплячим шаром. Особливий інтерес до організації спалювання палив у киплячому шарі викликаний низькою обставин. Для спалювання можуть використовуватися різні палива, включаючи низькосортні, з великими шматками (0-20 мм).

4.2. Особливості експлуатації парових та водогрійних котлів

Під час роботи на газі експлуатаційні показники котельних установок значно поліпшуються. Немає потреби в громіздких пристроях паливopідготовки, паливонодачі й золовидалення.

Однак варто мати на увазі й деякі негативні особливості газоподібного палива: більшість горючих газів отруйні, а також вибухонебезпечні. У зв'язку

із цим під час експлуатації газових топків необхідно стежити, щоб не було витоків горючого газу, а також продуктів згоряння в приміщенні. Концентрація шкідливих газів у повітрі не має перевищувати припустимих значень.

Перед розпалюванням котла необхідно ретельно продути газопроводи й провентилувати газоходи котлів. Тільки після цього можна подати газ у пальники й затиснути його за допомогою газового або електричного запальника, який підносять до гирла пальника, що запалюється. Якщо газ не займеться, то подачу його в пальник варто припинити, знову провентилувати топку і газоходи й тільки після нього приступити до повторного розпалювання.

Важливою умовою надійної й безпечної роботи пальників і котлів є наявність стійкого полум'я (факела). У разі нестійкого горіння полум'я може проскочити всередину пальника або відірватися від нього. І в тому і в іншому випадку це може призвести до загасання пальника, нагромадження в топці й газоходах котлів вибухонебезпечної газоповітряної суміші й вибуху за повторного розпалювання пальника.

Проектом полум'я називають переміщення кореневої зони факела назустріч суміші, палива й повітря що впливає (всередину пальника). Гіроскок відбувається, якщо нормальна складова швидкості газоповітряної суміші стає менше нормальної складової швидкості горіння.

Швидкість горіння (поширення полум'я) - швидкість, з якою переміщується фронт полум'я відносно суміші, що запалилася.

Коренева зона факела - сукупність точок факела, найменш віддалених від вихідних отворів змішувача пальника. Причинами проскакування полум'я можуть бути: різке зниження тиску газу; різке падіння тиску повітря; різке зменшення розрідження. Наслідками проскоку полум'я є деформація пальника й загазованість топки.

Відрив полум'я - переміщення кореневої зони факела від вихідного отвору пальника за напрямком течії палива або горючої суміші палива й повітря (віддалення полум'я від вихідного отвору пальника). Відрив відбувається, якщо швидкість газоповітряної суміші стає більше швидкості горіння. Причини відриву полум'я: різке підвищення тиску газу; різке підвищення тиску повітря; різке збільшення розрідження. Наслідком відриву (зриву) полум'я може бути загазованість топки.

Причинами порушення стійкості газового полум'я, крім зазначених вище, можуть бути: робота пальника за межами теплової потужності, зазначеної в паспорті, експлуатаційній інструкції або режимній карті; різкі переходи з однієї теплової потужності на іншу; зміна складу газового палива, що призводить до зміни його теплоти згоряння й щільності; конструктивні порушення в пальнику.

Питання для самоконтролю

1. Які основні показники роботи топкових пристроїв?

2. До якої температури необхідно підігрівати мазут під час використання механічних форсунок?
3. Які конструкції газових пальників застосовують в топках котельних агрегатів?
4. Чому перед розпалюванням котла на газоподібному паливі необхідно ретельно продути й провентилувати топку та газоходи?
5. Як попередити відрив полум'я під час роботи газового пальника?

ТЕМА 5. ДОПОМІЖНЕ ОБЛАДНАННЯ КОТЕЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

План

5.1. Експлуатація та обслуговування допоміжного обладнання котельної установки.

5.1. Експлуатація та обслуговування допоміжного обладнання котельної установки

Правила будови та безпечної експлуатації коглів, устаткування й трубопроводів визначають вимоги до проектування, виготовлення, реконструкції, монтажу, налагодження, ремонту та експлуатації парових котлів, автономних пароперегрівників і економайзерів із робочим тиском (надлишковим) понад 0,07 МПа (0,7 кгс/см²), водогрійних котлів і автономних економайзерів із температурою понад 115°C.

Відповідність котлів вимогам Правил має бути підтверджена сертифікатом відповідності виробника (постачальника) устаткування, копія якого додається до паспорта котла.

Відхилення від Правил допускаються тільки у виняткових випадках із дозволу Держміськтехнагляду. У цьому випадку до паспорта котла має додаватися копія висновку спеціалізованої організації (список спеціалізованих організацій наведено у додатку до Правил).

Правила є державним нормативним актом охорони праці. Вони обов'язкові для виконання всіма посадовими особами, фахівцями, працівниками й громадянами, зайнятими проектуванням, виготовленням, реконструкцією, монтажем, налагодженням, ремонтом, технічним діагностуванням і експлуатацією котлів, автономних паронагрівачів, економайзерів і трубопроводів.

Особи, які допустили порушення Правил, а також вимог посадових і виробничих інструкцій, несуть відповідальність відповідно до чинного законодавства.

Основні принципи організації експлуатації котельних полягають у тому, щоб забезпечити надійну, економічну й безаварійну роботу устаткування.

Для цього потрібно:

- доручити обслуговування котельні навченому персоналу та періодично підвищувати його кваліфікацію;

- забезпечити обслуговчий персонал виробничою інструкцією з обслуговування устаткування котельні та іншими службовими інструкціями;
- організувати постійний контроль за роботою всього устаткування котельні, створити систему технічного обліку, звітності й і планування роботи;
- правильно використовувати устаткування в найбільш економічних режимах;
- вести постійний контроль за станом працюючого устаткування і вчасно усувати несправності.

До обслуговування котлоагрегатів можуть бути допущені особи не молодші 18 років, які пройшли медичний огляд, навчання за затвердженою програмою для операторів і мають відповідне посвідчення кваліфікаційної комісії навчально-курсового комбінату про здачу іспиту, а також пройшли інструктаж з охорони праці на робочому місці.

Під час експлуатації котельних установок обслуговчий персонал має керуватися виробничою інструкцією й режимними картами котлів. Ці документи з додатком оперативної схеми трубопроводів вивішують на робочому місці.

Чергування операторів у котельнях здійснюють згідно з графіком. Під час приймання зміни оператор зобов'язаний прийти на роботу завчасно (за 10...15хв), перевірити записи в змінному журналі за попередні три зміни, ознайомитися зі змінами в експлуатації основного та допоміжного устаткування, неполадками й несправностями.

Факт приймання і здавання зміни оформлюють записом у змінному журналі із занесенням результатів перевірки й скріплюють підписами оператора, який приймає зміну, та оператора, який здає зміну.

Питання для самоконтролю

1. На котли яких типів поширюються Правила будови та безпечної експлуатації котлів?
2. Які основні обов'язки операторів котельні?
3. Який документ є підставою для підготовки до пуску котельного агрегату?

ТЕМА 6. ВОДНЕ ГОСПОДАРСТВО ТА ВОДНИЙ РЕЖИМ КОТЛІВ

План

6.1. Внутрішньо котлова гідродинаміка.

6.1. Внутрішньо котлова гідродинаміка

У процесі підігріву води і пароутворення необхідно безперервно відводити теплоту, що передається продуктами згоряння поверхням нагріву котельного агрегату. Для цього забезпечують рух води або пари в елементах котла. У випарювальних поверхнях нагріву рух відбувається за рахунок природної циркуляції, а в прямотокових котлах – примусово під впливом

живильних насосів (прямотоківі котли застосування у сільському господарстві не знаходять).

В економайзерах або пароперегрівниках рух води забезпечується насосом або різницею напорів у барабані і пароперегрівнику.

Суть процесу природної циркуляції води в котлі полягає у наступному. Розглянемо циркуляційний контур (рис. 6.1), в якому лише одна труба (наприклад, ліва) нагрівається. Густина пароводяної суміші у цій трубі менша за густину води у правій трубі, що не підігрівається. За рахунок різниці цих густин, що називають рушійним напором циркуляційного контуру, забезпечується природна циркуляція води. Труби, в яких робоче тіло піднімається, називають підйомними. Труби, в яких робоче тіло опускається – опускними.

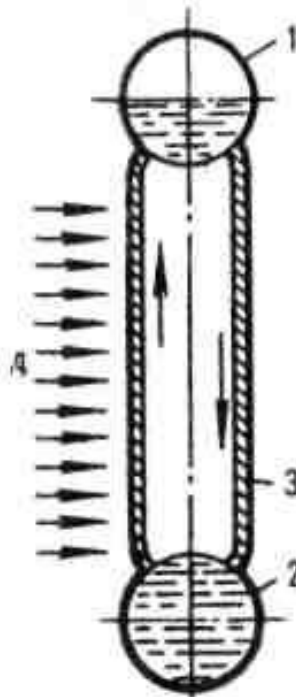


Рисунок 6.1. Схема природної циркуляції: 1 – верхній барабан; 2 – нижній барабан; 3 – теплосприймальні поверхні

При сталому режимі роботи котельного агрегату тиск, який забезпечує природну циркуляцію, врівноважується гідравлічними опорами, що дорівнюють сумі опорів підйомних та опускних труб:

$$P_{\text{рух}} = \sum \Delta P_{\text{під}} + \sum \Delta P_{\text{оп}} \quad (6.1)$$

Це рівняння носить назву розрахункового рівняння циркуляції.

Відношення витрати води, що увійшла до циркуляційного контуру, до кількості утвореної у ньому пари, називають кратністю циркуляції K у контурі. Величина K більша за одиницю.

Для забезпечення нормальної роботи циркуляційних контурів необхідно створити умови рівномірного обігріву водопідйомних труб. Одним із

ефективних експлуатаційних заходів у цьому відношенні є запобігання шлакуванню і заносу легкою золою водопідйомних труб.

Питання для самоконтролю

1. Які труби називають підйомними?
2. Яка циркуляція води використовується в котельному агрегаті?
3. Які труби є опускними?
4. Яку величину називають кратністю циркуляції?

ТЕМА 7. ЗОВНІШНЄ ОБЛАДНАННЯ КОТЛОАГРЕГАТИВ

План

7.1. Компоновка котельних.

7.1. Компоновка котельних

Споруда котельні, як правило, складається із приміщення, у якому розміщені котельні агрегати і відповідне допоміжне обладнання, відділення паливоподачі; частини будівлі для установаження шлакозоловидалення, золоуловлювачів, хімводоочистки; трансформаторна підстанція, щити контрольно-вимірювальних приладів та автоматики; електричні щити; лабораторні і службово-побутові приміщення; ремонтний пункт. Компонувальні рішення котельні при спалюванні газоподібного або рідкого палива істотно спрощуються, оскільки в даному випадку відсутня необхідність у бункерному відділенні для палива і золовидалення.

Компоновка технологічного устаткування котельні має задовольняти, крім того, таким вимогам: забезпечувати високі економічні показники установки і мінімально можливе забруднення навколишнього середовища; забезпечувати надійну роботу і безпечне обслуговування котельні; передбачати мінімальну протяжність трубопроводів біля кабельних ліній; враховувати можливість розширення котельні із мінімальними переробками будівельних конструкцій та комунікацій.

Котельні установки характеризуються підвищеною пожежо- та вибухонебезпечністю і тому приміщення для розміщення в них котлів та допоміжного обладнання мають задовольняти відповідні вимоги правил та інструкцій. Нормативними документами для котельних установок є «Правила обладнання і безпечної роботи експлуатації парових та водогрійних котлів».

У підлозі котельні розміщені канали для трубопроводів і електричних кабелів. Для забезпечення електробезпеки всі електродвигуни, електричне обладнання, оболонки кабелів повинні мати заземлення, приєднане до стаціонарного контуру заземлення. Для стаціонарного освітлення застосовують закриті світильники напругою 220 В.

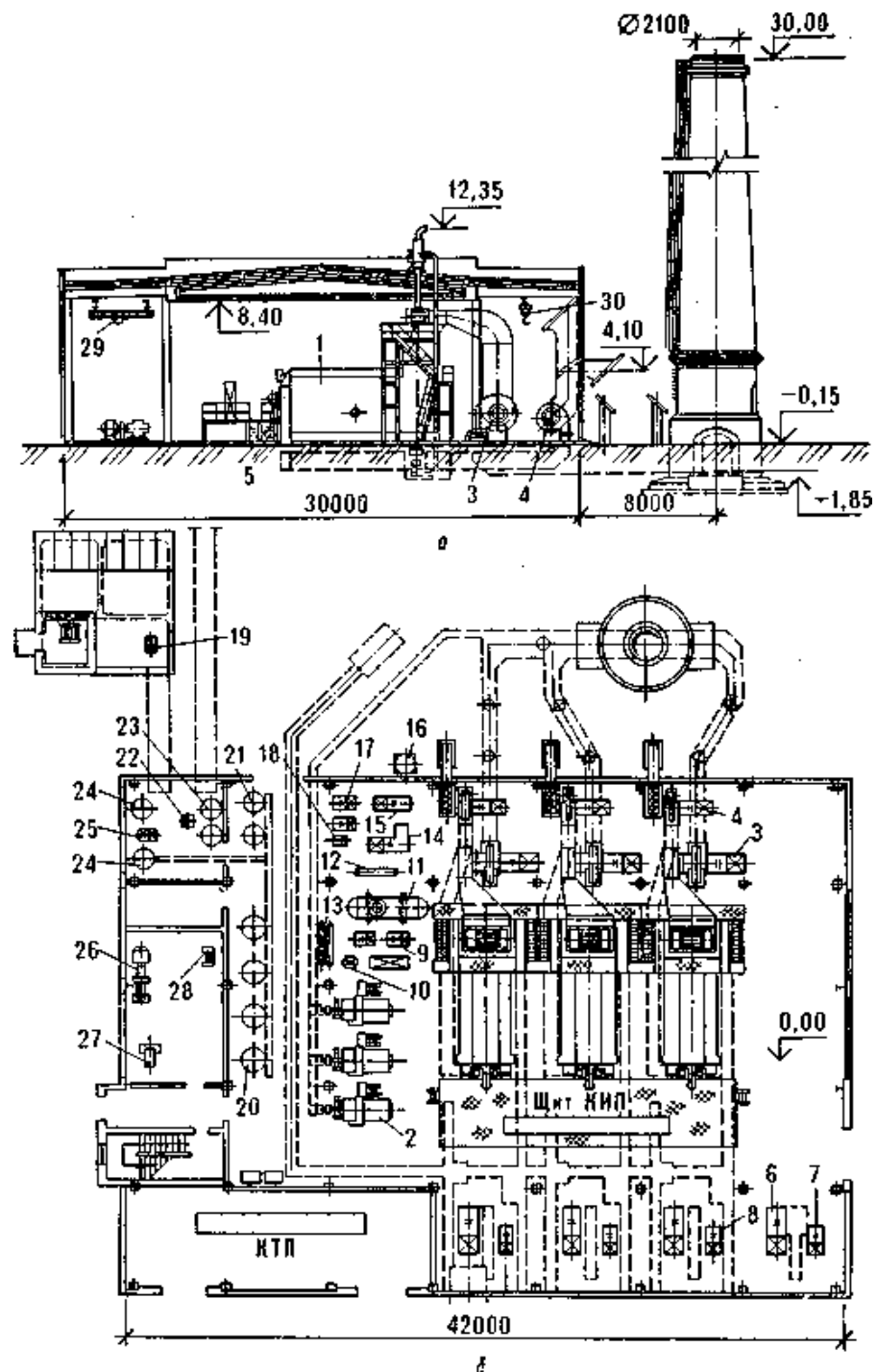


Рисунок 7.1. Компонівка пароводогрійної котельні з котлами КВ-ГМ-20: а – розріз; б – план; 1 – водогрійний котел типу КВ-ГМ-20; 2 – електропривод; 3 – димосос; 4 – вентилятор; 5 – вентилятор високого тиску; 6 – насос мережі; 7 – насос мережі літній; 8 – рециркуляційний насос; 9 – підживлювальний насос; 10 – паровий насос; 11 – бак деаерованої води; 12 – підігрівник; 13 – підігрівник сирої води; 14 – повітродувка; 15 – компресор; 16 – повітрозбірник; 17 – насос сирої води; 18 – насос випуску; 19 – насос розчину солі; 20 – Na-катіонний фільтр; 21 – солерозчинник; 22 – насос-дозатор; 23 – бак розчину аміаку; 24 – бак розведеного аміаку; 25 – насос розчину аміаку; 26 – токарно-гвинторізний верстат; 27 – свердлильний верстат; 28 – шліфувальний верстат; 29 – ручна підвісна кран-балка; 30 – ручна таль

Котли прагнуть монтувати з окремих блоків підвищеної заводської готовності, використовуючи готові теплотехнічні схеми. Наприклад, котли серії Е (КЕ) і Е (ДЕ) скомпоновані із окремих блоків. Така компоновка веде до мінімуму типів котлів, що застосовують, та до уніфікації котельного устаткування.

Важке обладнання і таке, що створює динамічні навантаження, (насоси, дуттьові вентилятори, димососи) розміщують на нульовій позначці котельних установок на власних фундаментах.

Водопідготовче устаткування, золоуловлювачі, щити КВП та А монтують у частинах будівлі котельні або у її прибудовах. У котельні котли встановлюють у ряд із розміщенням фронтальної частини до вікон будівлі котельні. Відстань між виступаючими частинами встановленого устаткування повинна складати не менше 0,8 м. Це необхідно для забезпечення робіт і технічного обслуговування устаткування.

Компонувальне вирішення пароводогрійної котельні з котлами КВ-ГМ-20 наведені на рис. 7.1.

Питання для самоконтролю

1. Яке обладнання використовується в котельних?
2. Яким чином розміщується обладнання котельної?
3. Наведіть особливості монтажу різного обладнання котельної.

ТЕМА 8. ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ З ДВИГУНАМИ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

План

8.1. Експлуатація електроагрегатів.

8.1. Експлуатація електроагрегатів

Електроагрегати й пересувні електростанції експлуатуються відповідно до заводських або відомчих інструкцій і вказівок.

Основні заходи, що сприяють збільшенню терміну служби електроагрегатів і попередженню несправностей:

- суворе виконання правил експлуатації, керування механізмами без створення додаткових механічних навантажень і зусиль понад допустимі, без порушення умов теплообміну й змащування в сполученнях, дотримання рекомендованих заводом-виготовлювачем режимів роботи, дотримання правил обкатування нових і машин, що вийшли з ремонту;
- дотримання технічних умов із застосування експлуатаційних матеріалів;
- технічно правильне зберігання машин із проведенням профілактичних заходів щодо зниження впливів зовнішнього середовища й попередження корозії й руйнування матеріалів у машинах;
- своєчасне проведення кріпильно-регулювальних робіт.

Для зручності загального обліку технічного стану електроагрегатів (пересувних електростанцій) рекомендується розподіл машин за категоріями:

1-а категорія – нові машини, що не були в експлуатації, а також машини, що проходять період приробітки;

2-а категорія – машини, що перебувають в експлуатації після періоду приробітку або після капітального ремонту;

3-я, 4-а категорії – машини, що вимагають середнього або капітального ремонту;

5-а категорія – машини, що підлягають списанню.

За результатами огляду комісія може дозволити подальшу експлуатацію двигуна протягом додаткового строку, зазначеного в акті. Після закінчення цього строку повторно оглядають двигун і складають відповідний акт, що служить підставою для продовження експлуатації або виводу двигуна в ремонт.

Експлуатація пересувних електростанцій має здійснюватися спеціально підготовленим персоналом (два-три моториста-електрика). До обов'язків обслуговчого персоналу відносять технічне обслуговування електростанцій під час роботи, підтримання її в справному стані готовності до роботи, розгортання й згортання електростанції, підготовка до транспортування, забезпечення техніки безпеки під час роботи й транспортування.

Підготовка електростанції до роботи включає такі операції: контрольний огляд електростанції; перевірку наявності палива й мастила у витратних баках і відсутність течі в системах паливоподачі, змащення й охолодження; перевірку дії маслопрокачувального насоса й видалення повітря із системи (якщо необхідно); перевірку опору ізоляції окремих роз'єднаних ланцюгів, справності з'єднань контактів і міцності зчленувань трубопроводів, а також вимір напруги на акумуляторних батареях.

Пуск електростанції здійснюють у такому порядку: включають вимикач батарей; відкривають кран подачі палива; за температури навколишнього повітря нижче 5°C прогрівають двигун за допомогою підігрівного пристрою до температури мастила в баку 30-40°C та температури охолоджувальної рідини на виході із двигуна 50-55°C; за низьких температур безпосередньо перед пуском провертають колінчастий вал на кілька обертів вручну; прокачують мастило ручним маслопрокачувальним насосом до встановленого тиску в головній магістралі; пускають двигун за допомогою електростартера або стислого повітря; установлюють мінімально стійкі оберти холостого ходу, звернувши увагу при цьому на показання контрольних приладів.

Неавтоматизовану електростанцію обслуговує моторист-електрик, який має перебувати в електростанції й стежити за її роботою. Під час роботи електростанції необхідно виконувати наступні правила: температура охолоджувальної рідини має бути в межах установленої норми; дверцята капота з боку генератора мають бути відкриті; у разі зниження тиску мастила нижче допустимої норми й підвищення температури мастила вище норми електростанцію негайно зупиняють для усунення несправності; підтікання мастила, води й палива в з'єднаннях не допускається; періодично треба підливати воду, мастило й паливо у витратні баки (картер і радіатор); підвищення температури-підшипників генератора вище норми не

допускається; з появою ненормальних шумів, стукотів і вібрацій електростанція має бути зупинена для усунення несправності; дверцята акумуляторного відсіку під час роботи електростанції мають бути відкриті; за підвищеного іскріння на щітках контактних кілець і колекторів необхідно встановити його причину й усунути її; розподіл навантаження між фазами має бути рівномірним (допускається відхилення для окремих фаз не більше 25% від номінальної сили струму); тривале перевантаження генератора вище допустимого не дозволяється; у нічний час має бути достатнє освітлення для нормального обслуговування електростанції.

Питання для самоконтролю

1. У чому полягає планово-запобіжна система обслуговування й ремонту електроагрегату?
2. Що означає контрольний огляд електроагрегату (електростанції)?
3. Обов'язки моториста-електрика під час роботи електростанції (автоматизованої й неавтоматизованої).

ТЕМА 9. КОМПРЕСОРНІ МАШИНИ

План

9.1. Основні показники роботи компресора.

9.1. Основні показники роботи компресора

Теоретичний процес ступені компресора розглядається в курсі «Технічна термодинаміка». Реальний процес відрізняється від теоретичного тим, що враховує: наявність мертвого об'єму; втрати енергії при всмоктуванні та нагнітанні і несталість тиску в цих процесах; витікання газу через нещільності в клапанах та через поршневі ущільнювачі; теплообмін між газом і поверхнями, що утворюють робочий об'єм циліндру; тривалість спрацьовування впускного та нагнітального клапанів; механічне тертя в sprzęженні поршень-циліндр та ін.

З метою визначення основних показників роботи компресора розглянемо індикаторну діаграму, що являє собою графічну залежність тиску газу в циліндрі від переміщення поршня протягом одного оберту колінчастого вала.

Справжня (реальна) індикаторна діаграма ступені поршневого компресора зображена на рис. 9.1. Процеси всмоктування $d'a$ та нагнітання $bс$ протікають при змінній кількості газу в циліндрі і при змінних тиску і температурі. Змінний тиск газу в робочій порожнині циліндра зумовлений змінним гідравлічним опором у клапанах і несталістю швидкості руху поршня в циліндрі. Несталість гідравлічного опору всмоктувального і нагнітального клапанів зумовлена, головним чином, зміною площі прохідного перерізу впускного і випускного клапанів при їх відкриванні та закриванні.

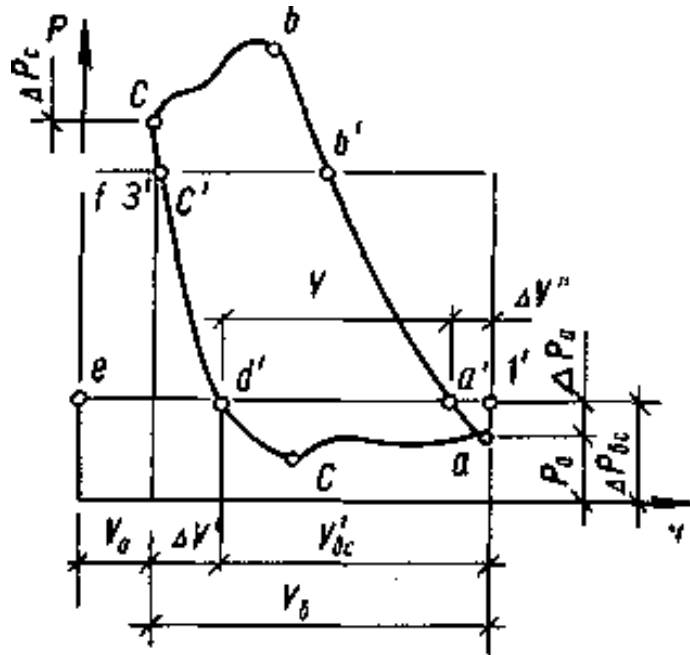


Рисунок 9.1. Дійсна інвекторна діаграма ступеня поршневого компресора

Температура газу в робочій порожнині циліндра під час всмоктування зростає за рахунок передачі тепла від гарячих поверхонь поршня, циліндра та кришки циліндра. Тому температура T_a і тиск P_a газу в циліндрі в кінці періоду всмоктування відрізняються від температури T_{bc} і тиску газу P_{bc} перед всмоктувальним патрубком компресора.

Процес стискання газу починається в точці a і закінчується в точці b , коли починає відкриватися нагнітальний клапан. Тиск газу в точці b більший за тиск нагнітання P_n на величину втрат при перетіканні газу через нагнітальний клапан. У початковій фазі стискання газу його температура менша за температуру стінок робочої порожнини циліндра і тому процес стискання супроводжується підведенням теплоти до газу, тобто показник процесу політропи n менший за показник адіабати k ($n < k$). При подальшому стисканні газу його температура стає більшою температури стінок робочої порожнини циліндра і процес стискання супроводжується відведенням теплоти від газу ($n > k$).

Зворотне розширення газу (процес cd) спочатку відбувається з відведенням теплоти від газу ($n > k$), а потім з підведенням теплоти до газу ($n < k$). Зазначені особливості роботи справжнього компресора зумовлюють зменшення подачі і збільшення затрат енергії на стискання та переміщення газу в порівнянні з ідеальним компресором.

Робочий об'єм V_h ступені поршневого компресора визначається об'ємом, який описує поршень за один хід S .

Для ступені одnobічної дії:

$$V_h = \frac{\pi D^2 S}{4} \quad (9.1)$$

Для ступені двобічної дії:

$$V_h = \frac{\pi(2D^2 - d_{шт}^2)S}{4} \quad (9.2)$$

де $d_{шт}$ – діаметр штока крейцкопфного механізму.

У поршневих компресорах мертвий об'єм V_0 суттєво впливає на зменшення подачі. Однак, наявність мертвого об'єму має і позитивне значення. Мертвий об'єм запобігає удару поршня об кришку циліндра при температурних деформаціях деталей механізму руху поршня.

Відносною величиною мертвого об'єму називають відношення мертвого об'єму до робочого:

$$a_m = \frac{V_0}{V_h} \quad (9.3)$$

Для компресорів низького тиску $a_m = 0,06...0,12$; високого – $0,12...0,18$.

Зменшення продуктивності компресора внаслідок зворотного розширення залишившихся в мертвому об'ємі газів враховується об'ємним коефіцієнтом λ_0 . Він дорівнює об'єму всмоктуваного газу V_{BC} до робочого об'єму циліндра V_h :

$$\lambda_0 = \frac{V_{BC}}{V_h} \quad (9.4)$$

З деяким наближенням можна вважати початком зворотного розширення точку 3' (рис. 9.1). Тоді з рівняння політропи випливає:

$$\rho_H V_0 = \rho_{BC} (V_0 + \Delta V)^m \quad (9.5)$$

звідки:

$$\lambda_0 = \frac{V_{BC}}{V_h} = 1 - a_m \left(\left(\frac{\rho_H}{\rho_{BC}} \right)^{1/m} - 1 \right) \quad (9.6)$$

де m – показник політропи зворотного розширення газу.

Значення m визначають за формулою:

$$m = 1 + A(k - 1) \quad (9.7)$$

де k – показник адіабати; A – коефіцієнт, що залежить від величини тиску газу перед всмоктувальним патрубком ступені компресора P_{BC} : $A = 0,5$ при $P_{BC} < 0,15$ МПа; $A = 0,62$ при $P_{BC} = 0,15...0,4$ МПа; $A = 0,75$ при $P_{BC} = 0,4...1$ МПа; $A = 0,88$ при $P_{BC} = 1,1...3,0$ МПа.

Відношення тиску нагнітання P_n до тиску всмоктування P_{bc} називають ступенем стискання газу в компресорі: $\varepsilon = P_n/P_{bc}$. Зі збільшенням ступеня стискання ε об'ємний коефіцієнт λ_0 зменшується.

На продуктивність компресора впливає ряд інших факторів, ступінь впливу яких визначають: $\lambda_{др}$ – коефіцієнт дроселювання, що враховує зменшення продуктивності за рахунок зниження тиску в робочій порожнині циліндра в кінці всмоктування (точка а) в порівнянні з тиском в стандартній точці всмоктування (точка а'); λ_T – коефіцієнт підігріву, що враховує зменшення продуктивності компресора за рахунок збільшення температури газу в кінці процесу всмоктування; λ_r – коефіцієнт герметичності, що враховує зменшення продуктивності за рахунок витікання стиснутого газу через нещільності робочої порожнини циліндра.

Добуток зазначених коефіцієнтів визначає величину коефіцієнта подачі компресора λ_n :

$$\lambda_n = \lambda_0 \lambda_{др} \lambda_T \lambda_r \quad (9.8)$$

Продуктивність V_e дійсного компресора менша геометричної продуктивності V_h :

$$V_e = \lambda_n V_h \quad (9.9)$$

Коефіцієнт $\lambda_{др} = 0,95 \dots 0,98$; $\lambda_r = 0,96 \dots 0,98$. Коефіцієнт підігріву можна визначити із рівняння $\lambda_T = 1 - 0,02 [(P_n/P_{bc}) - 1]$. Коефіцієнт подачі λ_n коливається в межах $0,60 \dots 0,85$ і визначається за результатами випробування компресора.

У технічних характеристиках компресорів, як правило, вказують об'ємну подачу (m^3/c , $m^3/хв$, $m^3/год$), приведену до умов на всмоктуванні, тобто до тиску і температури у всмоктувальному патрубку, або до нормальних атмосферних умов ($T_0 = 273,15 \text{ К}$, $P_0 = 0,1013 \text{ МПа}$).

Індикаторну потужність ступені справжнього компресора можна одержати з індикаторної діаграми записаної в pV – координатах.

Для кожної робочої порожнини компресора індикаторну потужність, Вт, визначають за формулою:

$$N_i = p_i A S_n, \quad (9.10)$$

де p_i – середній індикаторний тиск, Па.

Середній індикаторний тиск розраховують на основі площі індикаторної діаграми за формулою:

$$p_i = mpf/l, \quad (9.11)$$

де m_p – масштаб індикаторної діаграми по тиску, Па/м; f – площа індикаторної діаграми, m^2 ; l – довжина діаграми, м.

Індикаторна потужність ступені компресора двобічної дії буде дорівнювати сумі індикаторних потужностей або робочих порожнин циліндра. Індикаторну потужність багатоступінчастого компресора визначають сумою індикаторних потужностей окремих ступенів стискування, тобто

$$N_{ik} = \sum_{j=1}^n N_{ij} \quad (9.12)$$

де n – кількість ступенів.

Необхідний розподіл підвищення тиску в багатоступінчастому компресорі по окремих ступенях досягають підбором величин робочих об'ємів ступенів стискування V_{nj} .

$$V_{nj} = (V_e/\lambda_{nj})(p_{BC1}/p_{BC,j})(T_{BC1}/T_{BCj}) \quad (9.13)$$

де V_e – продуктивність всього компресора, m^3/c ; λ_{nj} – коефіцієнт подачі j -ї ступені; $p_{вл1}$ – тиск на всмоктуванні в першу ступінь; $T_{вс1}$ – температура на всмоктуванні в першу ступінь.

Потужність підведена на вал компресора, тобто ефективна потужність N_e , більша за індикаторну N_{fi} , оскільки вона включає затрати енергії на механічне тертя (поршень-циліндр, крейцкопф, ущільнення, підшипники) та на привід допоміжних механізмів. Ці затрати енергії оцінюються механічним ККД, η_m :

$$\eta_m = N_i/N_e, \quad (9.14)$$

Механічний коефіцієнт корисної дії поршневих компресорів $\eta_m = 0,82...0,95$. Енергетична досконалість реальних об'ємних компресорів оцінюється ізотермічним або адіабатним ККД.

Ізотермічний ККД дорівнює відношенню роботи ідеального компресора при ізотермічному стискуванні робочого тіла $L_{із}$ до індикаторної роботи L_i реального компресора визначеної за індикаторною діаграмою (при тих же умовах роботи):

$$\eta_{із,i} = \frac{L_{із}}{L_i} = \frac{(\rho_1 v_1 \ln(p_2/p_1))}{L_i} \quad (9.15)$$

Аналогічно адіабатний ККД дорівнює:

$$\eta_{ад,i} = \frac{L_{ад}}{L_i} = \frac{\rho_1 v_1^{\frac{k}{k-1}} \left((p_2/p_1)^{\frac{k}{k-1}} - 1 \right)}{L_i} \quad (9.16)$$

де $L_{ад}$ – робота ідеального компресора при адіабатному стисканні робочого тіла.

Ізотермічний та адіабатний коефіцієнти корисної дії можуть бути визначеними й інакше:

$$\eta_{із.і} = N_{із}/N_i; \quad (9.17)$$

$$\eta_{ад.і} = N_{ад}/N_i, \quad (9.18)$$

де $N_{із}$ та $N_{ад}$ – потужності, відповідно ізотермічного та адіабатного ідеальних компресорів, поставлених в ті ж умови роботи, що і оцінюваний реальний компресор такої ж продуктивності; N_i – індикаторна потужність реального компресора.

Із врахуванням механічних втрат на тертя маємо:

$$\eta_{із} = N_{із}/N_e; \quad (9.19)$$

$$\eta_{ад} = N_{ад}/N_e. \quad (9.20)$$

Порівнюючи рівняння, одержуємо співвідношення між різними ККД компресора:

$$\eta_{із} = \eta_{із.і} \cdot \eta_m; \quad (9.21)$$

$$\eta_{ад} = \eta_{ад.і} \cdot \eta_m \quad (9.22)$$

Потужність привідного електродвигуна моноблокових компресорів приймають на 10...15 % більше за ефективну потужність компресора N_e , тобто:

$$N_{дв} = (1,1...1,15)N_e. \quad (9.23)$$

При інших компоновках враховують коефіцієнт корисної дії передачі двигуна компресора $\eta_{пер}$.

Питання для самоконтролю

1. У чому полягає основна особливість роботи компресора?
2. Від яких показників залежить ККД компресора?
3. Наведіть послідовність розрахунку показників компресора.

ТЕМА 10. ТЕПЛОГЕНЕРАТОРИ, ВОДОНАГРІВАЧІ ТА ВЕНТИЛЯТОРИ

План

10.1. Розрахунок калориферів.

10.1. Розрахунок калориферів

Розрахунок калорифера передбачає визначення площі нагріву та втрат тиску повітря в калорифері.

Теплова потужність калориферної установки Φ_v , Вт, визначають за формулою:

$$\Phi_{\text{в}} = c_p M_{\text{п}} (t''_{\text{п}} - t'_{\text{п}}) \quad (10.1)$$

де c_p – питома ізобарна теплоємність повітря, кДж/кг·К; $M_{\text{п}}$ – масова витрата повітря, кг/с; $t'_{\text{п}}$ і $t''_{\text{п}}$ – температура повітря відповідно до і після надходження у калорифер, °С.

Площу поперечного перерізу калорифера для проходження повітря $f_{\text{п}}$, м², розраховують за формулою:

$$f_{\text{п}} = M / (v_p), \quad (10.2)$$

де (v_p) – масова швидкість повітря, кг/(м²·с), для водяних калориферів $v_p = 7 \dots 10$ кг/(м²·с), для парових – $3 \dots 7$ кг/(м²·с).

Виходячи з величини $f_{\text{п}}$ за табл. 10.1 підбирають тип та номер калорифера і виписують з неї основні технічні дані: площу поверхні нагріву $A_{\text{к}}$, м²; площу поперечного перерізу каналу теплоносія $f_{\text{к.т.}}$, м²; площу поперечного перерізу повітряного каналу калорифера $f_{\text{к.п.}}$, м².

Калорифери КЗПП, К4ПП, є модифікаціями калориферів КФС, КФБ. У калориферах КЗПП, К4ПП передбачені знімні бокові щити.

Таблиця 10.1. Технічна характеристика калорифера

Номер калорифера	Площа поверхні нагріву $A_{\text{к}}$, м ²		Площа перерізу, м ²			Маса калорифера, кг				
			$f_{\text{к.п.}}$	$f_{\text{к.т.}}$		КВБ	КФС	КЗПП	КФБ	К4ПП
	КВБ, КФС, КЗПП	КФБ, К4ПП	КВБ, КФС, КФБ, КЗПП, К4ПП	КВБ, КФС, КЗПП	КФБ, К4ПП					
2	9,9	12,7	0,115	0,0045	0,0061	53	57	56	67	72,5
3	13,2	16,9	0,154	0,0061	0,0082	69	71	75	87	81
4	16,7	21,4	0,195	0,0061	0,0082	85	81	90	106	114
5	20,9	26,8	0,244	0,0076	0,0102	106	100	110	132	140
6	25,3	32,4	0,295	0,0076	0,0102	125	119	129	157	164
7	30,4	38,9	0,354	0,0092	0,0122	152	143	155	190	196
8	35,7	45,7	0,416	0,0092	0,0122	174	164	178	218	225
9	41,6	53,3	0,486	0,0107	0,0143	201	180	204	254	259
10	47,8	61,2	0,558	0,0107	0,0143	224	215	232	285	293

Таблиця 10.2. Коефіцієнт теплопередачі калориферів та аеродинамічний опір $\Delta p_{\text{к}}$, Па

Модель калорифера	Теплоносій-пара: $k_{\text{к}} = B_1 (v_p)^{n_1}$		Теплоносій-вода: $k_{\text{к}} = B_2 (v_p)^{n_2} v^m$			$\Delta p = \frac{B_3}{(v_p)^{n_3}}$	
	B_1	n_1	B_2	n_3	m	B_3	n_3
1	2	3	4	5	6	7	8
КВБ, КФС, КМС, КЗПП	17,79	0,351	17,79	0,34	0,149	1,5	1,69
КЗВП, КФБ, КМБ, К4ПП	14,06	0,366	12,9	0,393	0,106	1,2	1,76

Продовження таблиці 10.2

1	2	3	4	5	6	7	8
К4ВП	16,63	0,42	11,05	0,446	0,034	1,72	1,72
КФБ0	-	-	23,05	0,35	0,13	5,98	1,53
КФС0	-	-	21,85	0,35	0,13	8,27	1,53
КСк3	-	-	26,2	0,44	0,17	5,77	1,83
КСк4	-	-	22,8	0,50	0,16	8,44	1,71

Уточнюють масову швидкість повітря:

$$(v_p)_k = M_p / f_{пк.п.} \quad (10.3)$$

Визначають швидкість води в каналах теплоносія калорифера:

$$v_T = \frac{10^3 \Phi_B}{c_T \rho_T f_{КТ} (t''_T - t'_T)} \quad (10.4)$$

де c_T – питома теплоємність води, кДж/(кг·К); ρ_T – густина води ($\rho_T = 1000 \text{ кг/м}^3$); t''_T – температура води на вході в калорифер, °С; t'_T – температура води на виході з калорифера, °С.

Швидкість руху води в каналах теплоносія повинна бути в межах 0,3...0,5 м/с.

За табл. 10.2 обирають розрахункову формулу, потім обчислюють коефіцієнт теплопередачі від теплоносія до повітря k_K , Вт/(м²·К).

Площу поверхні нагріву калориферної установки $A_{ку}$, м², визначають за формулою:

$$A_{ку} = \frac{\Phi_B}{k_K (t_{с.т} - t_{с.п})} \quad (10.5)$$

де $t_{с.т}$ – середня температура теплоносія, °С; $t_{с.п.}$ – середня температура повітря, °С.

Якщо теплоносієм є вода, то $t_{с.т}$ визначають як середньоарифметичне значення температури води на вході в калорифер t'_T та виході з нього t''_T :

$$t_{о.т} = \frac{t'_T + t''_T}{2} \quad (10.6)$$

Якщо теплоносій – пара, то $t_{с.т} = 100^\circ\text{С}$. Середню температуру повітря в калорифері $t_{с.п}$ визначають як середньоарифметичне значення температур повітря на вході в калорифер t'_n та на виході з нього – t''_n :

$$t_{с.п} = \frac{t'_n + t''_n}{2} \quad (10.7)$$

Кількість калориферів становить:

$$n = A_{k,y}/A_k \quad (10.8)$$

Якщо теплоносієм є пара, то розрахункова поверхня нагріву одного калорифера $A_k^p = A_{k,y}/n$ не повинна перевищувати фактичну поверхню нагріву підібраної моделі калорифера A_k більш ніж на 10 %, а якщо теплоносій – гаряча вода, то на 20 %. При невиконанні зазначених умов приймають іншу модель калорифера, або інший номер калорифера і повторюють розрахунок.

Втрати тиску повітря в калориферній установці з n калориферів залежить від її схеми компонування. При послідовному з'єднанні калориферів по повітрю:

$$\Delta p_{k,y} = n \Delta p, \quad (10.9)$$

а при паралельному:

$$\Delta p_{k,y} = \Delta p/n, \quad (10.10)$$

де Δp – втрати тиску повітря в повітряному тракті одного калорифера.

Фактична потужність вибраного калорифера буде більшою розрахункової на 15...20 %. Якщо потужність одного калорифера недостатня для цього, то вибирають кілька калориферів із таким розрахунком, щоб $n\Phi_1 = (1,15... 1,20)\Phi$, де n – кількість калориферів; Φ_1 – теплова потужність одного калорифера. У такому випадку n калориферів з'єднують по повітрю послідовно. При такій схемі з'єднання n однотипних калориферів параметри (νp) та k лишаються незмінними, а теплопередача поверхні та гідравлічний опір калориферної установки будуть дорівнювати арифметичній сумі n відповідних показників. Якщо в обраних калориферних установках теплоносієм є вода, то рекомендується послідовне з'єднання калориферів по теплоносію, а якщо теплоносій – пара, то паралельне.

Питання для самоконтролю

1. У чому полягає основна особливість розрахунку калориферів?
2. Від яких показників залежить ефективність вибору калорифера?
3. Наведіть послідовність розрахунку показників калорифера.

ТЕМА 11. ГАЗОПОСТАЧАННЯ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

План

11.1. Газопроводи та їх обладнання.

11.1. 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 запірного 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 установлюють 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. Наведіть основні вимоги до газопроводів.
2. Яке основне обладнання використовують в газопостачанні?
3. Які запобіжні пристрої використовують в газопостачанні?

ТЕМА 12. ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ГАЗУ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

План

12.1. Зберігання плодоовочевої продукції в газовому середовищі.

12.1. Зберігання плодоовочевої продукції в газовому середовищі

Значно збільшити термін зберігання та зберегти харчову цінність продуктів сільськогосподарського виробництва можна, застосовуючи сховища з регульованим газовим середовищем (РГС). Основними елементами такої системи зберігання продуктів є герметичні камери та набір механізмів і машин для створення та підтримання газового середовища, яке б сприяло якісному зберіганню даного виду продукту.

Камери РГС бувають двох типів: з внутрішньою генерацією газового середовища, коли необхідний склад газового середовища створюється в результаті біологічних процесів у самих плодах та зовнішнього, коли

оптимальний для зберігання склад середовища створюється за допомогою спеціальних генераторів газу.

У камерах першого типу питомий об'єм газового середовища становить 3,5...4,0 м³ на 1 т плодів. Камера повинна бути достатньо герметичною, щоб добовий повітрообмін із зовнішнім середовищем не перевищував 0,01...0,05.

Камери з внутрішньою генерацією можуть працювати в двох режимах: з нормальним та субнормальним складом газового середовища. У першому випадку в результаті дихання плодів вміст вуглекислого газу в повітрі, що заповнює камеру, збільшується, а вміст кисню – зменшується, але їх сумарний вміст лишається приблизно постійним, рівним 21 %. У другому випадку сумарний вміст вуглекислого газу та кисню в газовому середовищі камери менше 21 %. У таких камерах проводять роздільне регулювання вмісту вуглекислого газу та кисню.

Для одержання штучного газового середовища застосовують азот (стиснутий або рідкий) або продукти спалювання газу (природного або зрідженого) в пальниках.

Рекомендовано такі параметри РГС: концентрація кисню – 3% +1%; вуглекислого газу – 5% +1%; азоту – 92% +1%; температура (0...4°C) +0,5°C; відносна вологість – (90...95%) + 1...2%. Вміст кисню не повинен бути меншим 2%, а вуглекислого газу більшим 10%.

Контроль за складом РГС у камерах обох типів здійснюється дистанційно. Потрібний температурно-вологісний режим РГС підтримується за допомогою холодильних машин.

Вхід у камеру з РГС під час її заповнення азотом або у період зберігання плодово-овочевої продукції дозволяється лише в кисневих ізолюючих протигазах.

Питання для самоконтролю

1. Яким чином здійснюється зберігання плодовоовочевої продукції в газовому середовищі?
2. Які вимоги до процесу зберігання в газовому середовищі?
3. Яке обладнання використовують для зберігання плодовоовочевої продукції?

ТЕМА 13. СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ПЛАН

13.1. Застосування відновлюваних джерел теплової енергії для опалення.

13.1. Застосування відновлюваних джерел теплової енергії для опалення

Кількість розроблених та реалізованих у практиці сонячних систем гарячого водопостачання (ССГВ) надто велика і в міру подальшого вдосконалення сонцесприймального, теплообмінного, теплогенеруючого та іншого обладнання з'являються все нові і нові можливості їх використання та нові схеми ССГВ.

Установки сонячного гарячого водопостачання є з рідинними сонячними колекторами, одно- дво- або багатоконтурні, з природною або вимушеною циркуляцією, бак-акумулятор суміщений або не суміщений з теплообмінником. Найбільш прості - проточні одноконтурні системи, що включають сонячні водонагрівачі та безнапірні баки - акумулятори. Робота за такою схемою допускається лише за використання корозійностійких колекторів.

Для підвищення корозійної стійкості та забезпечення роботи з антифризом як теплоносія в зимовий час, системи виконуються дво- або багатоконтурні.

Прагнення інтенсифікувати теплообмін призвело до появи схем з проміжним контуром. Збільшити ефективність схеми можна за рахунок використання стратифікації води в акумуляторі. Для підвищення цього ефекту сумарна ємність бака-акумулятора розбивається на секції. У такому випадку через різницю температур у секціях, теплоносій до сонячного колектора подають з нижчою температурою. Крім того, збільшується час корисної роботи, оскільки із післяполуденні години сонячний колектор може працювати лише на секцію з більш низькою температурою, що суттєво збільшує теплову віддачу системи. Однак, у зв'язку з ємігістю останньої секції система не може працювати весь світловий день. Встановлення швидкісного теплообмінника після останньої секції акумулятора (за ходом руху теплоносія в контурі сонячного колектора) дозволяє ССГВ працювати впродовж всього часу інсоляції.

Сонячні колектори компактні. Вони достатньо стійкі і монтаж їх дуже простий. Але в подальшому потребують дотримання декількох вимог до користування ними:

- транспортують колектори в горизонтальному положенні не більше 15 шт., покладених один на один. Під час перевезення вони мають бути закріплені, і скло має бути захищене картоном. У випадку більше ніж 3 шт. у зв'язці обов'язково використовувати розпірки згідно з рекомендаціями виробника.

- у складських приміщеннях за температури повітря вище 0°C термін зберігання колекторів не обмежений. Не допустимо потрапляння прямого сонячного проміння на абсорбер колекторів. Різкі зміни температури спричиняють конденсацію води всередині колектора. Щоб уникнути цього, рекомендують до заповнення колектора теплоносієм використовувати будь-які захисні покриття.

Для монтажу колекторів рекомендується використовувати опірні конструкції на базі анодованого алюмінію, які встановлюють: на дах з ухилом; на рівний дах до 8 м чи на землю; на рівний дах до 20 м.

Під час монтажу колектора трубки, що виходять із нього, не можна завантажувати згинальними чи обертовими моментами. Найбільша рекомендована кількість колекторів в одному ряду становить 10 штук.

Як теплоносії доцільно використовувати антифризи. Використання колекторів для проточного підігрівання води чи доповнення первинного контуру водою заборонено.

Допоміжне обладнання, що забезпечує оптимальну потужність і надійну експлуатацію сонячного обладнання, має бути схвалено державними випробувальними інститутами.

Для встановлення колектора на похилий дах використовують опорну конструкцію для зручного і швидкого монтажу. У більшості випадків не потрібно більше ніяких додаткових ущільнень завдяки спеціальним кріпкам, на яких встановлюється вся конструкція. Комплектуються конструкції на два або три колектори із можливістю утворення рядів до 10 колекторів. Для з'єднання конструкцій використовують спеціальні з'єднувальні елементи.

Всі окремі елементи конструкції запаковані разом із конструкцією з монтажу. Якщо нахил даху різко відрізняється від необхідного кута 45° , існують профілі різної довжини, які використовують для коректування цього кута:

Таблиця 13.1. Довжина профілю для корекції кута

Довжина, мм	Коректування кута, $^\circ$
500	15
750	21
1000	27

Для монтажу колекторів на плоский дах чи іншу горизонтальну поверхню комплектується спеціальна конструкція. У випадку монтажу колекторів на землі необхідно забезпечити висоту нижньої межі колекторів мінімум 0,5 м.

Опорні конструкції для монтажу на плоскому даху комплектуються в двох видах: до 8 м і до 20 м над рівнем землі. Конструкції поставляються на 2 або на 3 колектора із можливістю з'єднання до 10 колекторів. Всі окремі елементи конструкції запаковані разом із інструкцією з монтажу. Для з'єднання конструкцій один з одним існують спеціальні з'єднувальні елементи.

Колекторні поля кількістю із 4-х і більше колекторів слід закріпити під крайніми колекторами повітряним кріпленням. Для систем із двох чи трьох колекторів достатньо одного кріплення.

Монтаж колекторів, вмонтованих у дах. Цей спосіб монтажу підходить, передусім, у випадках одночасного будівництва будинку і сонячної системи чи реконструкції даху. У цьому випадку колектори одночасно виконують роль покриття.

Для таких систем поставляються профілі із анодованого алюмінію. Ущільнення вертикальних зазорів між колекторами в одному ряду реалізується за допомогою алюмінієвого и-подібного профілю товщиною 0,6 мм і змазування на базі силікону. Горизонтальні зазори між колекторами і покриттям даху закриваються жерстю.

Монтаж первинного контуру. Монтаж гідравлічних елементів починається із закріплення бойлерів, насосів, теплообмінників чи вузла

керування. Окремі елементи розміщують таким чином, щоб вони були доступні для контролю і обслуговування. З'єднувальні трубопроводи викопуються із міді чи сталі. Вид і переріз трубопроводів вибирається згідно з видом і схемами з'єднання опалювального обладнання.

Монтаж сталевих труб реалізують за допомогою зварювання чи різьбових з'єднань. Колектори підключають таким чином, щоб подавати холодний теплоносій до нижнього входу і виводити його через верхній обернений патрубок.

Під час монтажу необхідно уникати потрапляння стружок та іншого бруду в трубу. Для підтягування гайок на бойлерах, теплообмінниках і колекторах бажано користуватися двома ключами, щоб не виникло зайве механічне навантаження виводів. Температурне розширення трубопроводів досягає величини 2-х мм на 1 м і тому необхідно приймати відповідні заходи для компенсації цих розширень.

Розширювальний бак підключають таким чином, щоб між ним і колектором не було ніякого запірного елементу. Насос підживлення може бути підключений до системи постійно, але в цьому нема необхідності. У будь-якому випадку він підключається через запірну арматуру.

Циркуляційні насоси можуть працювати тільки за замкненим контуром. На це необхідно звернути увагу перед усім під час монтажу насосів вторинних контурів і розмістити їх у місцях без засмоктування повітря. Вісь обертання має знаходитись в горизонтальному положенні.

Зливний кран рекомендують підключати у найнижчій точці обладнання. Він полегшить роботу під час заміни теплоносія. Використання вузла керування суттєвим чином спрощує монтаж. У ньому зосереджені майже всі елементи первинного контуру, його можна просто закріпити на стіні із мінімальною площею покриття. До розміщення окремих елементів гідравлічного контуру немає особистих вимог, проте не рекомендується зосереджувати їх в одному місці. Зазвичай їх вс тановлюють біля бойлера чи накопичувача тепла.

Після перевірки на щільність всі трубопроводи слід ізолювати.

Монтаж електричного обладнання та засобів регулювання. До регулятора сонячної установки підключають: джерело живлення 220 В /50 Гц; виводи циркуляційних насосів; датчики температур; виводи триходових вентилів.

До кожного регулятора разом із інструкцією з монтажу додають конкретні схеми підключення.

Регулятор розміщують поблизу обладнання і захищають його від потрапляння вологи. Термоелектричне керування триходовими вентилями підключається до мережі 220 В. У складних системах, де застосовують допоміжне реле, рекомендують використовувати реле із котушкою на 220 В змінного струму.

Всі проводи па 220 В мають бути захищені стандартною ізоляцією із мінімальним перерізом 0,5 мм². Всі електроприлади на 220 В обов'язково підключають до заземлення чи занулення. Датчики температури підключають

двожильними кабелями. Особливу увагу слід звертати під час підключення датчика температури колектора. Його з'єднання із кабелем має бути стійким до атмосферних умов. Мінімальний переріз проводів від температурних датчиків слід брати до уваги у випадку використання систем із опором 100 Ом і довжиною кабеля понад 10 м. Для підключення електричного обладнання допускається тільки кваліфікований персонал.

Питання для самоконтролю

1. Наведіть особливості проведення монтажних робіт обладнання?
2. Яке обладнання ВДЕ застосовується в теплопостачанні?
3. Чи є ефективним тепловодопостачання від ВДЕ?
4. Якими є оптимальні кути розташування колекторів?

ТЕМА 14. ВІДНОВЛЮВАНІ ТА ВТОРИННІ ЕНЕРГОРЕСУРСИ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

План

14.1. Експлуатація геліоустановок.

14.1. Експлуатація геліоустановок

Кількість розроблених та реалізованих у практиці сонячних систем гарячого водопостачання (ССГВ) надто велика і в міру подальшого вдосконалення сонцесприймального, теплообмінного, теплогенеруючого та іншого обладнання з'являються все нові і нові можливості їх використання та нові схеми ССГВ.

Установки сонячного гарячого водопостачання є з рідинними сонячними колекторами, одно- дво- або багатоконтурні, з природною або вимушеною циркуляцією, бак-акумулятор суміщений або не суміщений з теплообмінником. Найбільш прості - проточні одноконтурні системи, що включають сонячні водонагрівачі та безнапірні баки - акумулятори. Робота за такою схемою допускається лише за використання корозійностійких колекторів.

Проектування систем опалення приміщень із застосуванням сонячного світла та сонячним обігрівом. Вихідні дані й обсяг проектування. У завданні на проектування повинні втримуватися наступні вихідні дані: місце розташування об'єкта проектування, конструктивні характеристики будинку, тривалість опалювального періоду й середня температура опалювального періоду.

У систем пасивного сонячного опалення (ПСО) найбільша типова ефективність у районах зі значною кількістю сонячних днів. Ці системи доцільно споруджувати у віддалених від транспорту районах, а також у місцях з утрудненою доставкою палива.

Приміщення із ПСО слід розміщати так, щоб його геліоприймальні поверхні мали південну орієнтацію, не були затінені, а в опалювальний період перебували в зоні прямого сонячного опромінення. Перед

тепловосприймаючою стіною встановлюють одне-, двох- або тришарове остеклення.

У житлових будинках, де немає зв'язку між приміщеннями південної й північної сторін, рекомендується використовувати вентиляційні канали, для забезпечення перетікання холодного й теплого повітря.

У літній період у приміщеннях із системами ПСО може спостерігатися перегрів. Тому слід застосовувати установки для інтенсивного провітрювання, а також сонцезахисні пристрої.

В установках із ПСО рекомендується резервна система опалення з автоматичним відпуском теплоти.

При проектуванні систем опалення розраховують кількість теплоти сонячного випромінювання, що поглинається поверхнею будинку, і коефіцієнт ефективності передачі теплоти сонячної радіації.

Визначення розрахункових параметрів. Для заданого географічного пункту встановлюють значення наступних параметрів:

а) розрахункову географічну широту φ гради п. ш., яку ухвалюють по СНиП 2.04.05-86;

б) тривалість опалювального періоду $n_{0,n}$, діб, і середню температуру опалювального періоду $t_{0,n}$, °C, прийняті по СНиП 2.01.01-82;

в) число M розрахункових місяців опалювального періоду й тривалість t , сут, кожного місяця.

Питання для самоконтролю

1. Наведіть особливості експлуатації геліоустановок?
2. Якими нормативними документами регламентується основні вимоги експлуатації геліоустановок?

ТЕМА 15. ТЕПЛОНАСОСНІ УСТАНОВКИ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

План

15.1. ККД і методика розрахунку установки із тепловим насосом.

15.1. ККД і методика розрахунку установки із тепловим насосом

Коефіцієнт перетворення приймається іноді за ККД ТНУ, проте він не відображає всіх втрат, пов'язаних із виробленням теплоти Φ_k . У реальних умовах, крім дроселювання, відбуваються втрати у трубопроводах і обладнанні ТНУ при перетворенні первинної енергії у приводному двигуні і передачі її до компресора, при виробленні первинної енергії та передачі її до двигуна тощо. Зокрема, при використанні електричної енергії ККД ТНУ може бути визначений за виразом:

$$\eta_{\text{ТНУ}} = \psi \eta_{\text{тп}} \eta_{\text{ен}} \eta_{\text{сс}} \eta_{\text{ел}} \quad (15.1)$$

де $\eta_{\text{тп}}$ – ККД теплового потоку, що враховує втрати енергії і робочого агента у трубопроводах та обладнанні ТНУ; $\eta_{\text{ем}}$ – електромеханічний ККД двигуна і компресора; $\eta_{\text{ес}}$ – ККД джерела, що виробляє додаткову електричну енергію; $\eta_{\text{ел}}$ – ККД електричних ліній передачі.

Теплопродуктивність ТНУ:

$$\Phi_{\text{к}} = \Phi_{\text{к}} \psi / (\psi - 1) \quad (15.2)$$

Кількість палива, необхідна для такої теплопродуктивності:

$$B_{\text{ТНУ}}^{\text{пал}} = \frac{\Phi_{\text{к}}}{\Phi_{\text{р}}^{\text{н}} \eta_{\text{ТНУ}}}, \quad (15.3)$$

де $\Phi_{\text{нр}}$ – теплотворна здатність палива.

Економію палива, яку забезпечує ТНУ, визначають із рівняння:

$$\Delta B = \Phi_{\text{к}} \Phi_{\text{р}}^{\text{н}} (1/\eta_{\text{зам}} - 1/\eta_{\text{ТНУ}}), \quad (15.4)$$

де $\eta_{\text{зам}}$ – ККД заміщуваного паливного джерела теплоти.

Питання для самоконтролю

1. Наведіть особливості розрахунку ККД?
2. Яким чином ККД впливає на економію палива?
3. Що таке первинна енергія?

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

Методичні вказівки щодо виконання самостійної роботи

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
