

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



ТЕПЛОВОДОПОСТАЧАННЯ В АПВ

Конспект лекцій

СУМИ - 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра енергетики та електротехнічних систем

ТЕПЛОВОДОПОСТАЧАННЯ В АПВ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

для здобувачів 1м курсу

освітньої програми

«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

денної і заочної форм здобуття освіти

ступеню вищої освіти «Магістр»

СУМИ - 2025

УДК 697.34 (073)

Т 34

Укладачі:

Сіренко В.Ф., к.т.н., доцент кафедри енергетики та електротехнічних систем;

Лисенко В. В., завідувач навчально-методичним кабінетом кафедри енергетики та електротехнічних систем.

Т 34 Тепловодопостачання в АПВ: конспект лекцій / укл.: В.Ф. Сіренко, В.В. Лисенко В.В. - Суми, 2025-85 с.

Конспект лекцій призначений для здобувачів 1м курсів освітньої програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» денної та заочної форм здобуття освіти ступеню вищої освіти «магістр» та надання методичної допомоги здобувачам під час вивчення. В конспекті лекцій представлені теоретичні і практичні відомості з використання джерел теплової енергії; принципів роботи та застосування систем опалення, способів передачі та розподілення теплової енергії, проектування і експлуатації систем тепlopостачання та теплових мереж необхідні для засвоєння освітнього компонента: «Тепловодопостачання в АПВ».

Рецензенти:

Кравченко В. О., к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедри енергетики та електротехнічних систем СНАУ;

Тарельник Н. В., к.е.н., доцент, доцент кафедри проектування технічних систем СНАУ.

Відповідальний за випуск:

Чепіжний А.В., к.т.н., доцент, завідувач кафедрою енергетики та електротехнічних систем СНАУ.

Рекомендовано до видання Радою із забезпечення якості освітньої діяльності та якості вищої освіти інженерно-технологічного факультету СНАУ. Протокол № 6 від «___» травня 2025 року

© Сумський національний
аграрний університет, 2025

ЗМІСТ

ВСТУП	7
ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН	9
Тема 1. Джерела енергії	10
1.1. Джерела теплової енергії.	10
1.2. Споживачі енергії: класифікація та характеристика споживачів.....	16
1.3. Графіки теплового навантаження.	19
Тема 2. Опалення	22
2.1. Опалення виробничих і комунально-побутових будівель.....	22
2.2. Тепловтрати та теплопритоки будівель.....	23
Тема 3. Водяне опалення	28
3.1. Класифікація систем водяного опалення.	28
3.2. Принципові схеми теплопостачання систем водяного опалення.	32
3.3. Теплові пункти.....	36
3.4. Однотрубна та двотрубна системи з природною циркуляцією.....	38
Тема 4. Повітряне опалення	40
4.1. Системи повітряного опалення. Схеми місцевих і централізованих систем повітряного опалення.	40
4.2. Теплообмін в приміщенні при панельно-променевому опаленні.....	45
4.3. Нагрівальні прилади систем водяного, парового, панельно-променевому опалення. Конструктивні та теплотехнічні характеристики.....	46
Тема 5. Системи теплопостачання	55
5.1. Характеристика та вибір систем теплопостачання сільськогосподарських об'єктів.....	55
5.2. Відкриті і закриті системи теплопостачання. Централізовані та децентралізовані системи.....	57
Тема 6. Якісна та економічна робота системи теплопостачання	61
6.1. Регулювання теплового навантаження: центральне, місцеве, індивідуальне.	61

6.2. Якісне та кількісне регулювання по опалювальному навантаженні на основі температурних графіків.	63
Тема 7. Теплопостачання в тваринництві та птахівництві.....	65
7.1. Тепловий режим систем опалення та вентиляції.....	65
7.2. Особливості розрахунку опалювально-вентиляційних систем. Вибір устаткування для систем вентиляції і опалення.....	66
7.3. Споживання теплоти на технологічні потреби.....	71
Тема 8. Теплові мережі.....	77
8.1. Способи прокладання теплових мереж.....	78
8.2. Основні елементи теплових мереж: труби, опори, компенсатори, антикорозійна та теплова ізоляція.	79
8.3. Гідравлічний розрахунок мереж: визначення діаметрів труб, витрат теплоносіїв, падіння тиску в мережі.....	82
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	84

ВСТУП

Теплова енергія є одним з основних видів енергії, що споживає людство. Вона забезпечує роботу і розвиток промислового та сільськогосподарського виробництва, створює сприятливі умови для життя та діяльності населення.

Провідною є роль теплової енергії також у загальному енергетичному балансі сільських районів (близько 80%). Основні споживачі теплоти — це тваринницькі комплекси та теплиці. Величезна кількість її витрачається на опалення та вентиляцію приміщень, створення мікроклімату в сховищах, на сушіння і переробку сільськогосподарської продукції та на інші цілі.

Система теплопостачання сільського господарства має характерні особливості; їй притаманні відокремленість та різноманітність споживачів теплоти, нерівномірний характер теплових навантажень. Тому в одних сферах сільськогосподарського виробництва та побуту передбачається децентралізоване, а в інших — централізоване теплопостачання.

Ефективне вирішення проблеми енергозабезпечення сільського господарства можливе лише за умови врахування усіх особливостей теплоспоживання, а також сучасних досягнень в галузі енергозберігаючих технологій сільськогосподарського виробництва. Одним з ефективних шляхів економії в сільському господарстві дефіцитного органічного палива є використання відновлюваних та вторинних енергетичних ресурсів.

Можна з упевненістю прогнозувати збільшення попиту на установки та пристрої, що використовують нетрадиційні відновлювані джерела енергії. Зазначимо, що нині в країнах Європи, США та інших кількість вітроустановок, сонячних колекторів, фотоелектричних і теплонасосних установок, геотермальних та біоенергетичних систем досить велика і постійно зростає.

Україна має також величезні ресурси відновлюваних джерел енергії. Тому їх використання є однією з найактуальніших проблем. Зокрема, для фермерських господарств енергетичні установки на базі нетрадиційних відновлюваних джерел — це не тільки шлях до економії вуглеводневого палива, електроенергії, але й можливість розвиватись в районах, віддалених від джерел централізованого енергопостачання. Відновлювані джерела енергії екологічно чисті, сприяють зменшенню забруднення навколишнього середовища.

Системи теплопостачання — це комплекси пристроїв, що продукують теплову енергію і доставляють її (у вигляді пари, гарячої води або підігрітого повітря) споживачеві. Елементом системи є теплогенеруючий пристрій.

Сьогодні в сільському господарстві використовується різноманітне теплоенергетичне обладнання, оснащене сучасними системами регулювання та автоматичного керування. У багатьох господарствах експлуатуються котли середньої та великої потужності, розгалужені мережі теплопостачання.

Постійно також зростають потужності теплогенеруючих установок, підвищуються вимоги щодо економії паливно-енергетичних ресурсів та охорони навколишнього середовища. У зв'язку з цим значно зростає роль інженерів-енергетиків.

ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва розділу, теми	Кількість годин	
		Дена форма	Заочна форма
1	Джерела енергії	4	-
2	Опалення	2	2
3	Водяне опалення	6	2
4	Повітряне опалення	4	-
5	Системи теплопостачання	2	2
6	Якісна та економічна робота системи теплопостачання	4	-
7	Теплопостачання в тваринництві та птахівництві	4	-
8	Теплові мережі	4	2
	Разом годин:	30	8

Тема 1. Джерела енергії

План

- 1.1. Джерела теплової енергії.
- 1.2. Споживачі енергії: класифікація та характеристика споживачів.
- 1.3. Графіки теплового навантаження.

1.1. Джерела теплової енергії

Джерело енергії, в тому числі і теплової,— це речовина, енергетичний потенціал якої достатній для перетворення в інші види з метою наступного ефективного та доцільного використання. Енергетичним потенціалом речовини називається параметр, що дозволяє оцінити принципіальну можливість і доцільність її використання як джерела енергії. Енергетичний потенціал виражається у джоулях (Дж) або кіловат-годинах (кВт(тепл.)*год).

$$1 \text{ кВт(тепл.)} \cdot \text{год} = 3600 \text{ кДж.}$$

Джерела енергії поділяють на первинні та вторинні. До *первинних* відносять джерела, що є результатом природних процесів. Їх енергетичний потенціал не залежить від діяльності людини. Первинними джерелами енергії є: викопні горючі речовини, ядерне паливо, термальні води, сонце, вітер, ріки, океани тощо.

Вторинними джерелами енергії є побічні продукти діяльності людини: гарячі відходи промислових підприємств і теплових станцій у вигляді газів, пари та води; скидна теплота компресорних станцій магістральних газопроводів у вигляді газів, пари і води; нагріті вентиляційні викиди; відходи сільськогосподарського виробництва тощо.

Первинні джерела енергії поділяють на невідновлювані та відновлювані. До невідновлюваних первинних джерел енергії відносять викопні горючі речовини, уран та торій. Відновлювані первинні джерела енергії є продуктами діяльності і процесів на Землі: вітер, водні ресурси, океан, гідро- та петротермальні джерела, рослинні продукти біологічної діяльності на Землі (деревина та інші рослинні речовини на Землі, у морях, океанах), а також енергія Сонця. Якщо буде вирішене питання практичного використання термоядерної енергії синтезу речовин, людство буде мати невичерпне первинне джерело енергії.

За ступенем розвіданості енергетичні ресурси поділяють на три категорії — А, В, С. Записи категорії А добре розвідані та підготовлені до видобутку; категорії В — геологічно обґрунтовані та відносно добре розвідані; категорії С — передбачувані запаси, встановлені за геологічними прогнозами та географічними даними.

Крім цього, користуються також поняттям загальногеологічних прогнозованих запасів, що визначають на основі геологічних розрахунків і використовують для оцінки наявних ресурсів на далеку перспективу.

Нині понад усе використовують ресурси органічних палив (до 90 % всіх використовуваних енергетичних ресурсів).

Найбільші енергетичні ресурси органічного палива зосереджені у вугіллі. Прогнозовані геологічні ресурси кам'яного та бурого вугілля у світі становлять 6000—15000 млрд. тонн умовного палива, що відповідає 175700—460550 ЕДж (екса) ($1 \text{ ЕДж} = 1 \cdot 10^{18} \text{ Дж}$). Розвідані запаси вугілля дорівнюють 600—680 млрд. т у. п., тобто 5—10 % їх загальногеологічних запасів. Майже 90 % розвіданих запасів вугілля зосереджені у країнах СНД, США та КНР. Великі запаси високоякісного вугілля є в Україні.

Геологічні ресурси нафти у світі складають 280—515 млрд. т у. п., або 8380—15100 ЕДж, тобто у 20—30 рази менше, ніж вугілля. З цією кількістю розвідані запаси дорівнюють 130—131 млрд. т у. п. При добуванні нафти ступінь видобутку її з пласта звичайно не перевищує 40 % запасів родовища. До запасів нафти відносять бітулізні піски та нафтоносні сланці. Їх запаси у 2—3 рази більші під ресурсів традиційної нафти.

Останнім часом перспективні глибоководні морські та арктичні родовища нафти. Їх запаси становлять 230 млрд. т.

Ресурси природного газу на Землі оцінюються у 180—315 млрд. то що відповідає 5200—9200 ЕДж. Розвідані запаси складають 40—55% загальногеологічних ресурсів. Вони розподілені таким чином: у країнах СНД —10%, Близького Сходу — 25 %, Північної Америки — 10 %.

Ресурси урану $U=235$, що економічно доцільно використовувати для потреб енергетики, у світі оцінюються у 155 млрд. т у. п., тобто 4540 ЕДж. З них розвіданих ресурсів — 66 млрд. т у. п., що відповідає 3 млн. т урану.

Для відновлюваних енергетичних ресурсів енергетичний потенціал звичайно приймають рівним строку їх використання у 100 років. Загальні геологічні ресурси гідроенергії річок дорівнюють 3,5—4,0 млрд. т у. т./рік, або 102—117 ЕДж/рік. Розвідані ресурси енергії річок оцінюються у 1,23 млрд. т у. п./рік. Біопаливо (деревина або сільськогосподарські та інші відходи) оцінюється у $2,4 \cdot 10^{12}$ т. Крім того, в океанах щорічно утворюється $0,06 \cdot 10^6$ т рослинної маси.

Енергетичні ресурси сонячної енергії становлять близько 2,4 млн. ЕДж/рік. Енергетичний потенціал вітру оцінюється у 6,1 ЕДж/рік, а хвиль океанів — у 95 ЕДж/рік.

Джерелом тепла називається комплекс устаткування й обладнань, за допомогою яких здійснюється перетворення природних і штучних видів енергії в теплову енергію з необхідними для споживачів параметрами.

Для цілей промислового теплопостачання практичне значення на найближчу перспективу будуть мати органічне і ядерне паливо.

До штучних видів енергії, які використовуються для вироблення тепла на теплопостачання, ставляться «вторинні енергоресурси» промислових підприємств і електрична енергія.

Усе паливо, використовуване для одержання тепла можна розділити на два види: штучне й природне, яке у свою чергу підрозділяють на тверде, рідке й газоподібне.

До природних видів палива ставляться:

- тверде - кам'яні вугілля, антрацит, торф, горючі сланці, дрова;
- рідке - нафта;
- газоподібне - природний газ.

До штучних видів палива ставляться:

- тверде - кокс, деревне вугілля, брикети, пилоподібне паливо;
- рідке - мазут, гас, дизельне паливо;
- газоподібне - змішаний (доменний + коксовий), доменний, коксовий,

генераторний газ.

Особливо більшу частку в паливному балансі промислових підприємств займає природний газ, у найбільшій мірі, що відповідає технологічним вимогам до палива. Раціональне використання газоподібного палива з найбільшою реалізацією його гідностей дозволяє одержати значний економічний ефект, який пов'язаний з підвищенням КПД агрегатів і скороченням витрати палива, більш легким регулюванням умов спалювання, температурних полів і сполуки газового середовища в робочому просторі печей, у результаті чого вдається значно підвищити інтенсивність виробництва і якість одержуваної продукції.

Теплофізичні особливості того або іншого палива залежать в основному від його хімічного складу. Тому що паливо майже всіх видів органічного походження, те основної горючої складової є вуглець ІЗ, водень Н₂, окис вуглецю З, а також сполуки цих елементів, так звані вуглеводні. Чим більше вуглеводнів утримується в паливі, тем воно якісніше.

Спалювання палива

В основі горіння палива лежать реакції окиснення горючих складових, у результаті яких виділяється тепло. Кількість тепла, що виділяється при повному згорянні одиниці об'єму або маси палива, називається теплотою згорання або калорійністю палива [кДж/м³, кДж/кг].

Для зручності порівняння витрат тепла, що виходить від згорання різних палив, уведене поняття умовного палива (у.т.), тобто палива, теплота згорання якого рівна 7 000 ккал/кг (29 310кДж/кг).

Температурою горіння називається температура, яку здобувають продукти згорання в результаті тепла, що виділився при реакції. Температура горіння газоподібного й рідкого палива досягає 2 100°С.

В основі процесів горіння лежать окисні реакції горючих складових палива з киснем. Від того, наскільки добре перемішане паливо з окиснювачем, залежать швидкість і якість нагрівання або розплавлювання металу. Фізично процеси горіння підрозділяють на гомогенне й гетерогенне.

Гомогенне горіння характерне в основному для газоподібного палива, попередньо змішаного з повітрям, воно відбувається між реагентами, що мають однаковий агрегатний стан.

Гетерогенне горіння характерне для твердого палива, воно спостерігається в основному на його поверхні; при цьому реагенти мають різний агрегатний стан.

Горіння рідкого палива здійснюється по боле складній схемі. У процесі горіння відбувається розкладання палива на газову й рідку складові. Газ горить гомогенно, а рідина (краплі) - гетерогенно.

Процес горіння будь-якого палива розділяють на дві стадії: запалення й безпосереднє горіння. Запалення - початковий період горіння, під час якого відбувається повільне окиснення. У результаті цього в системі відбувається нагромадження тепла й повільне підвищення температури. При досягненні деякої температурної межі реакція окиснення ухвалює лавинообразний характер і процес переходить у безпосереднє горіння. Ця температура називається температурою запалення.

Гетерогенне горіння може бути розділене на наступні стадії: 1) просушка й прогрів палива; 2) термічне розкладання палива виділяється 3, з подальшим використанням його в якості горючого газу.

Найпоширенішим природнім твердим паливом є кам'яне й буре вугілля, деревина, сланці, торф. Тверде паливо характеризується наступними показниками: зольністю, змістом вологи, змістом летучих речовин і вуглецю, змістом сірки, теплотою згорання.

Зольність характеризує негорючі складові твердого палива (баласт). Тому, чим менше зольність палива, тем воно якісніше, тому що зростає відсоток горючих складових.

Летучі речовини виділяються з палива при нагріванні без доступу повітря. Сполука й кількість летучих залежить від сполуки й властивостей палива. Чим вище зміст летучих, тем краще горить паливо, тому що вони запалюються й підтримують горіння.

Волога - небажаний компонент, тому що вимагає великої кількості тепла для випару й нагрівання до температури продуктів згорання.

Зміст сірки в паливі вкрай небажане. При спалюванні палива, що містить сірку, утворюється сірчистий газ SO_2 , що є причиною «кислотних дощів». При виплавці чавуну, сірка, що втримується в коксі, переходить у чавун, знижуючи його механічні властивості. При переділі сірчистого чавуну в сталь виникають додаткові труднощі по видаленню сірки. Зразкова сполука й теплота згорання основних видів палива наведено в таблиці 2.1. Дрова в промисловості майже не застосовують через їхню низьку теплоту згорання. В основному, із дров одержували раніше деревне вугілля, яке застосовували для виробництва високоякісного чавуну на уральських металургійних заводах. У цей час дрова використовують як місцеве паливо.

Таблиця 2.1 Сполука й теплота згорання твердих видів палива

Паливо	Вміст, %				Теплота згорання	
	S	C	H ₂ O	K ₂	ккал/кг	кДж/кг
Донецьке кам'яне вугілля	2,7	62,4	3,8	4,3	5980	25000
Кузнецьке	0,4	67,2	4,7	10,7	6300	26400

кам'яне вугілля						
Буре вугілля	2,0	51,7	2,7	11,6	4400	18500
Торф	0,2	30,9	3,2	17,8	2560	10700
Дрова	-	30,3	3,6	25,1	2440	10200

Торф, як і деревина, ставляться до місцевих видів палива. Низька теплота згоряння й невисока міцність обмежили застосування торфу в промисловості. Значною гідністю торфу є високий зміст летучих, легка займистість, низький зміст сірки, відносно низька вартість, більші запаси. Застосовують торф, в основному, на місцевих теплових електростанціях.

Буре вугілля займає проміжне положення між торфом і кам'яним вугіллям. Як і торф, він відносно малокалорійний, містить багато золи (35 - 40%) і води (до 40%); зміст сірки коливається від 1,5 до 3,0%. Недоліком бурих вугілля є їхня висока схильність до самозапалювання, що вимагає застосування особливих запобіжних заходів. Як паливо бурі вугілля застосовують на теплових електростанціях.

Екологічні проблеми використання теплоти

Продукти згоряння палива впливають на енергетичні й екологічні показники різних теплотехнічних установок. Однак крім цих продуктів при згорянні утворюється й ряд інших речовин, які внаслідок їхньої малої кількості не враховуються в енергетичних розрахунках, але визначають екологічні показники топелень, печей, теплових двигунів і інших обладнань сучасної теплотехніки.

У першу чергу до числа екологічно шкідливих продуктів згоряння слід віднести так звані токсичні речовини, що виявляють негативні впливи на організм людини й навколишнє середовище. Основними токсичними речовинами є оксиди азоту (NO_x), оксид вуглецю (CO), різні вуглеводні (CH), сажа й сполуки, що містять свинець сірку.

Оксиди азоту утворюються в результаті хімічної взаємодії азоту й кисню повітря, якщо температура перевищує 1500°C . При згорянні палива утворюється головним чином оксид азоту NO , який потім в атмосфері окисниться до NO_2 . Утворення NO збільшується з ростом температури газів і концентрації кисню. Залежність утвору NO від температури створює певні труднощі з погляду збільшення термічного КПД теплового двигуна. Наприклад, при збільшенні максимальної температури циклу з 2000°C до 3000°C термічний КПД циклу Карно зростає в 1,5 рази й досягає значення 0,66, але розрахункова максимальна концентрація NO в продуктах згоряння зростає в 10 раз і досягає за обсягом 1,1 %.

Що перебуває в атмосфері NO_2 являє собою газ червонясто-бурого кольору, що володіє в більших концентраціях ядушливим характером, що шкідливо впливають на слизові оболонки очей.

Оксид вуглецю (CO) утворюється під час згоряння при недоліку кисню. Оксид вуглецю - безбарвний газ, що й не має запаху. При вдиханні разом з повітрям він інтенсивно з'єднується з гемоглобіном крові, що зменшує її

здатність до постачання організму киснем. Симптоми отруєння організму оксидом вуглецю: головний біль, серцебиття, утруднення подиху й нудота.

Вуглеводні (СН) складаються з вихідних або молекул, що розпалися, палива, які не ухвалювали участі в згорянні. Вуглеводні з'являються в газах, що відробили (ОГ) двигунів внутрішнього згорання внаслідок гасіння полум'я поблизу щодо холодних стінок полум'я згорання. У дизелях вуглеводні утворюються в перезбагачених зонах суміші, де відбувається пиролиз молекул палива. Якщо в процесі розширення в ці зони не зробить достатня кількість кисню, то СН виявиться в складі ОГ. Вуглеводні під дією сонячних променів можуть взаємодіяти з NO_x , утворюючи біологічно активні речовини, які подразнююче діють на органі дихальних шляхів і викликають поява так званого смогу.

Особливий вплив виявляють викиди бензолу, толуолу, поліциклічних автоматичних вуглеводнів (ПАУ) і в першу чергу бензпирена. ПАУ ставиться до так званих канцерогенних речовин, вони не виводяться з організму людини, а згодом накопичуються в ньому, сприяючи утвору злоякісних пухлин.

Сажа являє собою твердий продукт, що полягає в основному з вуглецю. Крім вуглецю в сажі втримується 1 - 3 % (по масі) водню. Сажа утворюється при температурі вище 1500°C в результаті термічного розкладання (піролізу) при сильному недоліку кисню. Наявність сажі в газах, що відходять, обумовлює чорний дим на випуску.

Сажа являє собою механічний забруднювач носоглотки й легенів. Більша небезпека зв'язана із властивістю сажі накопичувати на поверхні своїх часток канцерогенні речовини й служити їхнім переносником.

Зміст у газах, що відходять, продуктів неповного згорання (CO , СН і сажі) небажане не тільки через їхню токсичність, але й тому, що при неповному згорянні палива недовиділяється частина теплоти, а це обумовлює погіршення економічних показників теплових установок.

Сірка, що втримується в дизельнім паливі, у мазуті й кам'яному куті викидається в атмосферу після згорання цього палива у формі диоксида SO_2 , який дуже шкідливий для рослин і сприяє виникненню «кислотних» дощів.

Деякі токсичні речовини, після того як вони попадають в атмосферу в складі продуктів згорання, перетерплюють подальші перетворення. Наприклад, при наявності в атмосфері вуглеводнів, оксидів азоту й оксиду вуглецю при інтенсивнім ультрафіолетовім випромінюванні сонця утворюється озон O_3 , що є найсильнішим окиснювачем і зухвалий при відповідній концентрації погіршення самопочуття людей.

При високому змісті в малорухомій і вологій атмосфері NO_2 , O_3 і СН виникає туман коричневого кольору, який одержав назву «смог» (від англійського «smoke» - дим і «fog» - туман). Смог є сумішшю рідких і газоподібних компонентів, він дратує очі й слизуваті оболонки, погіршує видимість на дорогах.

Основними джерелами викиду токсичних продуктів згорання є автомобілі, промисловість, теплові й електричні станції. У деяких містах зміст

в атмосфері токсичних продуктів згоряння перевищує гранично припустиму концентрацію в кілька десятків раз.

Для боротьби із цим злом у більшості країн миру прийняті відповідні закони, що обмежують зміст токсичних речовин у продуктах згоряння, що викидаються в атмосферу.

Виконання, що пропонуються відповідними законами норм дозволеного нормального викиду стало однієї із центральних завдань теплотехніки. У багатьох випадках керування роботою об'єктів промислової теплотехніки здійснюється таким чином, щоб забезпечити необхідний компроміс між їхніми енергетичними, економічними й екологічними показниками. У багатьох випадках, що досягається таким шляхом рівень економічних показників перевищує дозволений сучасними нормами. Тому велике значення придбала нейтралізація й очищення продуктів згоряння перед їх виходом в атмосферу. Із цією метою використовуються різні нейтралізатори й фільтри. Одночасно поліпшується сполука углеводородних палив (зменшення зміст сфери, свинцю, ароматичних вуглеводнів), розширюється використання газових палив. У перспективі застосування як паливо водню повністю виключить зміст у продуктах згоряння Z , CH і інших токсичних углеродосодержащих компонентів.

1.2. Споживачі енергії: класифікація та характеристика споживачів

Основними споживачами теплоти є: обладнання опалення, вентиляції, гарячого водопостачання й кондиціювання повітря; теплові технологічні апарати й обладнання, силові технологічні агрегати.

Опалення - штучний обігрів приміщень із метою відшкодування в них теплових втрат і підтримки на заданому рівні температури, що відповідає умовам теплового комфорту для людей або вимогам технологічного процесу. Умови теплового комфорту (умови сприятливі для життя й діяльності людей) визначаються температурою, відносною вологістю й швидкістю руху повітря. Припустимі значення цих параметрів устанавлюються будівельними нормами й правилами (Снип).

Вентиляція призначена для підтримки усередині приміщення певного сполуки повітря, яка регламентується санітарними нормами, а також відповідає вимогам технологічного процесу. Розрізняють вентиляцію природню через вікна, двері, спеціальні вентиляційні отвори й примусову, здійснювану спеціальними вентиляційними системами. Якщо буде потреба у вентиляційній об'єм подають підігрітий у калориферах повітря, затрачаючи на це теплоту.

Теплові технологічні апарати й обладнання - це підігрівники для газоподібних і твердих речовин, випарні й ректифікаційні апарати, сушарки для різних матеріалів і виробів, реактори для здійснення хімічних реакцій і ін. Пара або вода в них можуть використовуватися як теплоносії, так і в якості компонента для виробництва продукції. Для технологічних процесів частіше всіх застосовується насичений або слабко перегрітий пара з тиском 0,3 - 0,8

МПа й вода з температурою до 150°C . У деяких випадках використовується пара з тиском до 9 МПа.

В основних технологічних агрегатах парові машини, що мають у якості привода, або турбіни (парові молоти й преси, кувальні машини, компресійні машини для стиску рідин і ін.), теплоносієм і одночасно робітником тілом є водяна пара: для парових машин - слабо перегрітий до $200 - 250^{\circ}\text{C}$ при тиску 0,8 - 1,0 МПа, а для парових турбін - перегріта пара більш високих параметрів.

Забезпечення теплотою за допомогою теплоносія систем опалення, вентиляції, гарячого водопостачання житлових, суспільних і промислових будинків і технологічних споживачів називають теплопостачанням. Централізоване теплопостачання забезпечує подачу теплоти (гарячої води або пари) багатьом споживачам, розташованим поза місцем його вироблення. Система централізованого теплопостачання включає джерело теплоти (котельня або ТЭЦ), трубопроводи (теплові мережі), що подають теплоту від джерела до місця споживання, і споживачі теплоти (абонентські установки). Вузли приєднання споживачів до мережі називають абонентськими введеннями або місцевими тепловими пунктами (МТП). Іноді між джерелом теплоти й споживачем розміщаються центральні теплові пункти (ЦТП). Завданням теплових пунктів є забезпечення, розподіл, регулювання й облік теплоти, що витрачається.

Системи теплопостачання класифікуються: по роду теплоносія (парові й водяні); по типу джерела теплоти (централізовані від ТЭЦ або великих котелень і децентралізовані від місцевих або індивідуальних котелень); по способу подачі води (відкрите й закрите гаряче водопостачання: відкрите, якщо вода з мережі безпосередньо надходить до споживача, закрите, коли вода використовується тільки як теплоносій і з мережі не відбирається); по числу трубопроводів (одне-, двох- і многотрубные).

Споживачі теплоти визначають параметри й вид теплоносія, режими теплового споживання. Вид теплоносія і його параметри обумовлюють обладнання теплової мережі. Ці обставини в сукупності з концентрацією теплопотреблення визначають обладнання джерел теплопостачання. Найбільш прогресивним є в цей час централізоване теплопостачання з використанням теплоти пари, що відробила, теплофікаційних електростанцій на базі комбінованого виробництва електричної енергії й теплоти.

Розповсюдженими теплоносіями в системах теплопостачання є водяна пара й гаряча вода. Відповідно системи теплопостачання називаються паровими й водяниками. Вибір одного із цих двох теплоносіїв визначається конкретними умовами їх застосування.

При використанні в якості теплоносія води вдається досягти більш високого КПД турбоустановки за рахунок зменшення тиску пари, що гріє, і збільшення вироблення електроенергії на тепловім споживанні. Водяні системи теплопостачання дозволяють організувати східчастий підігрів води й цим ще збільшити вироблення електричної енергії теплофікаційним способом. Водяна система теплопостачання має підвищену, що акумулює здатністю й більшим у порівнянні з паровими радіусом дії. У них відсутні втрати

конденсату в споживачів, що мають місце при використанні пари як теплоносія. Вода водяних мереж менш якісна, і її втрати обходяться значно дешевше, чим втрати конденсату. Основними недоліками води як теплоносія є більша чутливість до аварій, тому що витік води при цьому в 20 - 30 раз більше, ніж пари. Це приводить до необхідних відключень теплової мережі, тоді як парова тепла мережа при аналогічних ушкодженнях могла б якийсь час залишатися в роботі.

Крім води й пари як теплоносіїв використовуються гази, що йдуть, казанів і печей, гаряче повітря й інші речовини. гази, що йдуть, є високотемпературними продуктами згоряння палива. Вони застосовуються як теплоносії в огнетехнічних обладнаннях індивідуального тепlopостачання. Їхня основна гідність - висока температура, а недолік - низький коефіцієнт тепловіддачі, засміченість золою, неможливість транспортування на більші відстані.

Гаряче повітря застосовується в основному для опалення (шляхом безпосередньої подачі його в опалювальне приміщення). Транспортують повітря, як правило, на відстань не більш 50 - 80 м.

Вибір теплоносія для кожного окремого споживача теплоти й підприємства в цілому проводиться насамперед відповідно до вимог санітарних і протипожежних норм і правил. Важливе значення при цьому мають також техніко-економічне обґрунтування, вивчення режимів тепlopотреблення для розглянутої галузі промисловості.

У системах централізованого тепlopостачання для опалення, вентиляції й гарячого водопостачання житлових, суспільних і виробничих будинків, як правило, застосовується вода. Використання для підприємств як єдиного теплоносія пари для технологічних процесів, опалення, вентиляції й гарячого водопостачання допускається тільки при техніко-економічній обґрунтуванні.

Особливість споживання теплоти у сільському господарстві— її нерівномірність протягом року і, отже, відносно короткочасне використання теплової потужності обладнання систем тепlopостачання.

Для раціональної експлуатації системи тепlopостачання необхідно знати величину і характер зміни теплового навантаження. Із цією метою визначають закономірності зміни навантаження протягом доби, сезону і року і будують відповідні графіки.

Виробництво і розподіл теплоти у сільському господарстві здійснюється на основі графіків теплових навантажень. При побудові графіків добових навантажень враховують технологію виробництва і режим робочого дня. Сезонне теплове навантаження має практично постійний добовий і різко перемінний річний графіки (див. рис. 1 та 2). Цілорічне навантаження характеризується постійним річним та різкоперемінним добовим графіком (див. рис. 3). Ці закономірності властиві також графікам витрати теплоти для сільськогосподарських споживачів.

1.3. Графіки теплового навантаження

Графік зміни витрати теплоти на опалення будівлі (будівель) залежно від температури навколишнього середовища наведений на рис. 1.

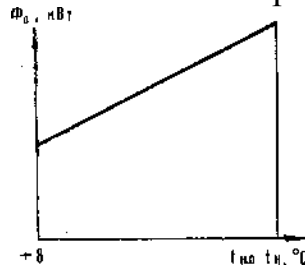


Рис. 1. Графік витрати теплоти на опалення витрати

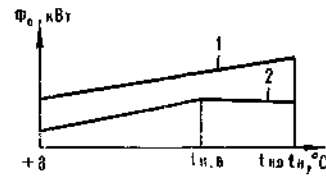


Рис. 2. Графік

- 1 - для виробничих цілей;
2 - для громадських приміщень

Графік зміни витрати теплоти на вентиляцію, як і на опалення, будують залежно від температури зовнішнього повітря плюс 8°C до розрахункової зовнішньої температури на опалення t_{30} . Графіки витрати теплоти на вентиляцію громадських споруд наведені на рис. 2.

В останньому випадку при зниженні температури повітря від розрахункової зовнішньої температури $t_{3В}$ до t_3 витрату теплоти на вентиляцію не збільшують.

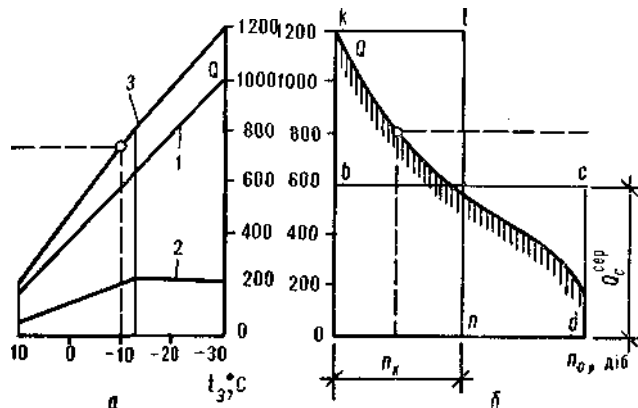


Рис. 3. Побудова графіка тривалості сезонного теплового навантаження (б) на основі графіка залежності середньодобового теплового навантаження від зовнішньої температури (а):

1 — опалення; 2 — вентиляція; 3 — сумарне навантаження; n_0 — тривалість опалювального періоду; Q — теплове навантаження

Графіки витрати теплоти на опалення 1 та вентиляцію 2 і сумарна витрата теплоти залежно від температури зовнішнього повітря, наведені на рис. 3. На основі останнього будують графік тривалості сезонного теплового навантаження для умов цілодобової роботи вентиляції і опалення (рис. 3,б). Площа прямокутника $obcd$ дорівнює площі графіка тривалості. Очевидно, що висота цього прямокутника дорівнює середній витраті теплоти за опалювальний період $Q_{\text{ср}}, \text{Дж}$

$$Q_c^{\text{сер}} = \frac{Q_c^{\delta^{3 \pm i}}}{\ddot{i}_i} \quad (1)$$

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

$$n_a = \frac{Q_c^{\delta^{3 \pm i}}}{Q_c^p} \quad (2)$$

де Q_c^p — розрахункові втрати теплоти на опалення і вентиляцію, Вт.

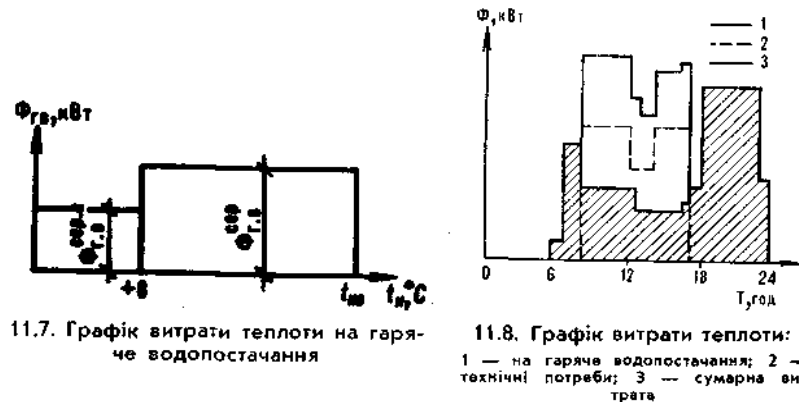


Рис. 4. Добові графіки теплового навантаження на гаряче водопостачання і технічні потреби

Добовий графік теплового навантаження на гаряче водопостачання наведений на рис. 4. Протягом опалювального періоду (межі температури від плюс 8 °С до $t_{b,0}$) витрата теплоти на гаряче водопостачання не залежить від температури зовнішнього повітря. Влітку, через більш високі значення температури навколишнього середовища, витрату теплоти $\hat{Q}_{a,a}^c$ зменшують, зберігаючи постійною протягом всього періоду.

Сумарний добовий графік теплового споживання на гаряче водопостачання і технічне теплопостачання зображений на рис. 4.8. Технологічне теплопостачання, як і гаряче водопостачання, відбувається цілий рік.

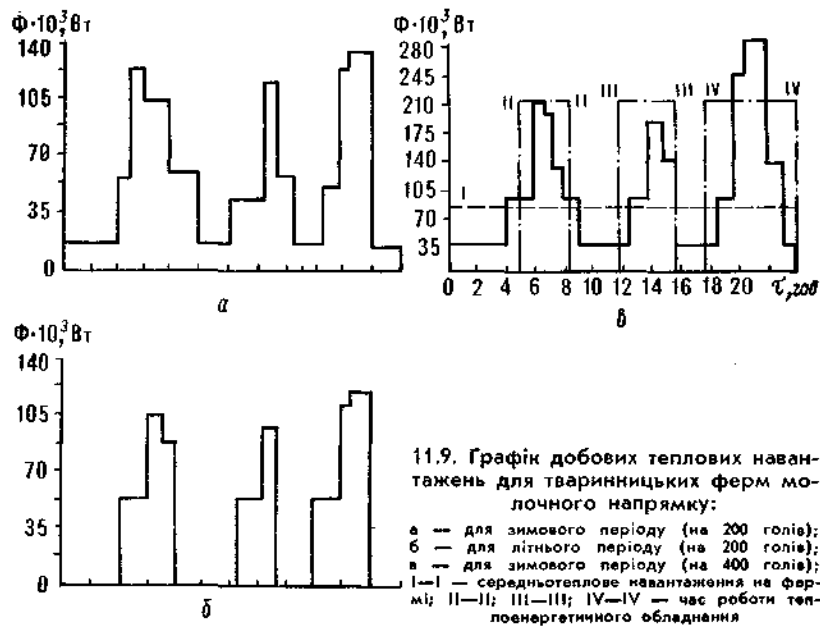


Рис.5 Теплові навантаження тваринницьких ферм

Як приклад на рис. 5 наведені графіки теплових навантажень для ряду конкретних тваринницьких ферм.

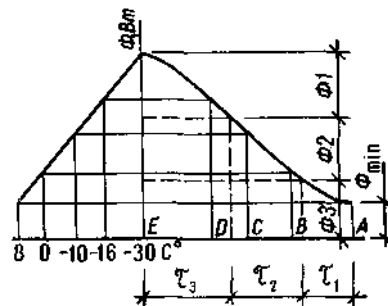


Рис.6. Графік сезонного теплового навантаження

Для аналізу режиму роботи системи тепlopостачання і вибору теплового устаткування будують річні графіки для сезонного навантаження (опалення і вентиляції). По осі абсцис відкладають кількість годин опалювального періоду, а по осі ординат — годинну витрату теплоти при даній температурі (рис. 6). Цей графік аналогічний графіку, зображеному на рис. 3.

Позначена на графіку точка *A* відповідає температурі зовнішнього повітря плюс 8 °С, тобто початку опалювального сезону. Теплове навантаження, що відповідає цій температурі, спостерігається протягом всього опалювального сезону і відповідає його тривалості. Точки *B*, *C*, *D* відповідають температурам 0, мінус 10 і мінус 15 °С, а тривалість їх та інших більш низьких температур беруть із кліматичних таблиць для даної місцевості. Точка *E* відповідає розрахунковій температурі зовнішнього повітря із опорних точок *A*, *B*, *C* і *D* проводять ординати, на яких у певному масштабі відкладають теплові навантаження. По ординаті, проведеній із точки *E*, відкладають розрахункове теплове навантаження, що відповідає $t_{c,i}^p$.

Проміжні значення теплових навантажень $Q_{оп}$ між $Q_{нi}^{max}$ і $Q_{нi}^{min}$ визначають за формулою:

$$Q_{нi} = Q_{нi}^{max} \frac{t_{д} - t_{с}}{t_{д} - t_{с,i}}$$

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

Для полегшення визначення ординат опорних точок, ліворуч будують допоміжний графік зміни теплових навантажень залежно від температури зовнішнього повітря і шукані навантаження переносять із нього на ординати опорних точок.

Права частина площі графіка (див. рис. 6) еквівалентна кількості теплоти, необхідної для опалення і вентиляції в опалювальний сезон.

Припустимо, що у котельні встановлені три однотипні котли однакової теплової потужності, тобто $\Phi_1 = \Phi_2 = \Phi_3$ (рис. 6). Із графіка тривалості навантаження випливає, що протягом періоду часу τ_3 повинні працювати всі три котла; τ_2 — час одночасної роботи двох котлів; τ_1 — час роботи одного котла.

Тема 2. Опалення

План

2.1. Опалення виробничих і комунально-побутових будівель.

2.2. Тепловтрати та теплопритоки будівель.

2.1. Опалення виробничих і комунально-побутових будівель.

Поняття про [мікроклімат](#). Призначення опалювальних приладів.

Організм людини постійно виділяє в навколишнє середовище певну кількість тепла, що залежить в основному від його віку й виконаної роботи. Наприклад, доросла людина в стані спокою або розумової роботи виділяє 70 - 75 ккал/год, при важкій фізичній роботі кількість виділеного тепла досягає 200 - 240 ккал/год.

Тепловіддача відбувається трьома способами: конвекцією, випаром і випромінюванням. У людини, що перебуває в спокійному стані, виділення тепла відбувається приблизно в наступному співвідношенні: конвекцією 35 - 40%, шляхом випару 10 - 15% і випромінюванням 45 - 50%.

Для визначення [мікроклімату](#), що впливає на самопочуття людей, необхідно знати температуру й швидкість руху повітря, що впливають на тепловіддачу конвекцією; відносну вологість повітря, що впливає на тепловіддачу його випаром і температуру навколишніх поверхонь, що впливає на тепловіддачу організму випромінюванням.

Іноді в поняття “мікроклімат приміщення” включають також показник забруднення повітря різними шкідливими домішками. Таким чином, для

визначення рівня комфорту приміщення знання однієї температури повітря явно недостатньо.

Особливу увагу варто звернути на забезпечення нормального теплового режиму в приміщеннях, що мають надлишкове остеклення (більшу площу, чим потрібна для природного висвітлення). Для забезпечення комфортного мікроклімату в них у зимовий час доводиться підтримувати температуру не 18° , як це потрібно санітарними нормами, а на рівні $23 - 24^{\circ}$. Причиною тому є підвищена втрата тепла людиною в таких приміщеннях випромінюванням, оскільки внутрішні поверхні остеклення мають значно меншу температуру, чим стіни. Крім того, недоліком надлишкового остеклення є надлишкове надходження тепла в приміщення від сонячної радіації в літню пору.

Тому що поки немає зручного приладу, який визначає температуру, рухливість, вологість повітря й температуру навколишніх поверхонь, мікроклімат приміщень практично контролюють по температурі сухого, а іноді сухого й вологого термометрів, сполучення показань яких дозволяє визначати вологість повітря.

Опалювальні пристрої призначені, як відомо, для підтримки в опалювальних приміщеннях заданих температур або відшкодування тепловтрат через конструкції, що обгороджують, виникаючих внаслідок різниці температури в опалювальних приміщеннях і зовнішньої.

Температура внутрішнього повітря в опалювальних приміщеннях установлена нормами залежно від технологічного процесу, який відбувається в них. Найчастіше внутрішню температуру приймають у межах від 16 до 20° , причому вирішальним фактором є сприятливе самопочуття людей, що працюють у даному приміщенні. Іноді для правильного ведення технологічного процесу внутрішня температура повинна бути вище зазначених меж (наприклад, деякі цехи текстильних фабрик, камери шумування та ін.) або нижче їх (наприклад, овочесховище).

У деяких випадках потрібний мікроклімат, у тому числі внутрішня температура приміщень, забезпечується дією вентиляції, якщо технологічне устаткування виділяє тепла більше, ніж тепловтрати в приміщенні. При цьому іноді влаштовують чергове опалення (яке включають при зупинці технологічного устаткування), що розраховане на підтримку внутрішньої температури $5-10^{\circ}$. Таку температуру встановлюють для збереження обладнання й проведення ремонту.

2.2. Тепловтрати та теплопритоки будівель.

Втрати тепла опалювальними приладами.

Теплові втрати опалювальних приміщень залежать від температури зовнішнього повітря, що міняється в широких межах. Вищою межею зовнішньої температури, при якій необхідне опалення, вважають 8° С. За розрахункову зовнішню температуру для проектування опалення приймають середню температуру самої холодної п'ятиденки в даній місцевості за багаторічними спостереженнями.

Місцеве опалення

Під місцевим опаленням розуміють встановлений в приміщенні опалювальний пристрій, у якому всі елементи (генератор тепла, трубопроводи до поверхні тепловіддачі й сама ця поверхня) об'єднані в одному агрегаті.

Характерним видом місцевого опалення є грубне опалення, застосоване переважно в житлових малоповерхових будинках. У промислових об'єктах його, як правило, не влаштовують.

В опалювальних печах генератором тепла служить паливник, у якому хімічна енергія, виділена при згорянні палива, переходить у теплову; трубопроводами тут можна вважати газоходи, по яких гарячі гази йдуть від паливника до димаря, віддаючи своє тепло внутрішній поверхні газоходів. Поверхнею тепловіддачі служать зовнішні поверхні печі, облицьовані листовою сталлю, глазурованою плиткою, оштукатурені й т.п.

Найпоширені - теплоємні печі періодичної дії. Їх особливістю є те, що паляться вони періодично: один-два рази на добу. У зв'язку з цим такі печі мають більші габарити й віддають тепло в опалювальне приміщення нерівномірно.

При наявності гарного твердого палива (сортоване кам'яне вугілля, антрацит, кокс, брикетоване паливо), а, також, рідкого - доцільніше застосовувати печі безперервного або тривалого горіння. Особливість таких печей - наявність у їх конструкції ємності (бункера), що завантажується паливом на тривалий строк: іноді на кілька днів. Паливо із цієї ємності в паливник надходить саме, у міру прогорання, причому процес горіння відбувається безупинно без допомоги людини.

Безполум'яне (поверхневе) горіння, що відбувається в інфрачервоному газовому випромінювачі, забезпечує майже повне згорання газу. Продукти згорання містять водяні пари, малотоксичний вуглекислий газ і сліди окису вуглецю. Якщо в опалювальному приміщенні забезпечений дво- або трикратний обмін повітря, спеціальних пристосувань для видалення продуктів згорання від інфрачервоного газового випромінювача можна не влаштовувати.

Пристрій опалення за допомогою інфрачервоних газових випромінювачів не дорогий. Його застосовують у безпечних в пожежному відношенні виробничих приміщеннях при відсутності фіксованих робочих місць, тому що перебувати постійно під інтенсивним потоком променистої енергії неприємно.

Широко застосовують інфрачервоні газові випромінювачі у виробничих сільськогосподарських будівлях, а також у деяких цивільних (наприклад, для опалення закритих тенісних кортів). За допомогою цих приладів можна організувати локальне зовнішнє опалення при зовнішнім розташуванні технологічного устаткування на хімічних й інших заводах. У цьому випадку необхідно розташовувати з лицьової сторони керамічної насадки металеву сітку, що стабілізує процес горіння й перешкоджає задуванню полум'я вітром.

Інфрачервоні газові випромінювачі живляться звичайно мережним газом. Однак, вони можуть працювати й на зрідженому газі. В останньому випадку установка інфрачервоних газових випромінювачів може бути пересувною у комплексі з газовими балонами.

Електричне опалення також відноситься до місцевого. Через легкість регулювання воно є одним з найбільш досконалих його видів. Опалення здійснюється за допомогою різних електричних опалювальних приладів. Добре зарекомендував себе на практиці електромасляний радіатор, безпечний у пожежному відношенні й маючий гарні санітарно-гігієнічні якості (рис. 1).

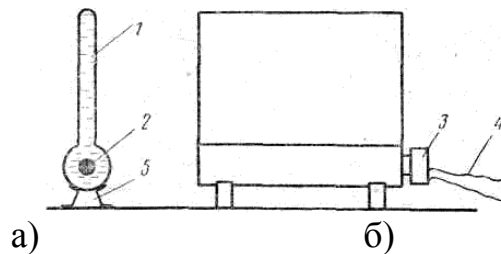


Рис.1. Схема устрою електромасляного радіатора:

а - розріз; б - зовнішній вигляд; 1 - масло; 2 - трубчастий електронагрівник (ТЕН); 3 - автомат-регулятор; 4 - підключення до електромережі; 5 - ніжки

Ємність цього приладу, утворена двома металевими листами фасонної форми, заповнюється маслом. Унизу в циліндричній частині приладу розміщений трубчастий електронагрівник (ТЕН).

Одна з конструкцій ТЕНа, яку можна застосовувати також у водо- і повітрянагрівачах, представлена на рис. 2. Електричний струм, проходячи по дроту опору (накалювання), розігріває її; тепло від неї через магнетитову масу (периклаз) переходить на зовнішню поверхню трубки ТЕНа, а відтіля - у масло, що перебуває в радіаторі.

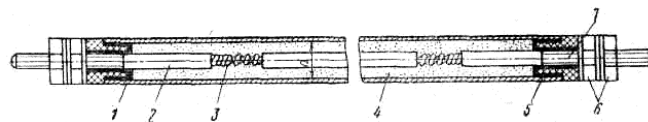


Рис. 2. Трубчастий електронагрівник (ТЕН)

1 - оболонка (наприклад, латунна трубка); 2 - контактний стрижень; 3 - спіраль із дроту опору (накалювання); 4 - периклаз; 5 - герметик; 6 - контактні гайки й шайби; 7 - ізолятор

Циркуюючи (за рахунок природної конвекції) усередині приладу, масло нагріває його стінки, які передають тепло опалювальному приміщенню. Електромасляний радіатор має автомат-регулятор, що періодично відключає

подачу струму в прилад, коли його температура перевищує величину, установлену споживачем.

Проектування електричного опалення, як і інших видів місцевого опалення, власне кажучи, зводиться до підбора й розміщення приладів в опалювальних приміщеннях для того, щоб загальна кількість тепла, яка виділяється всіма приладами, у кожному помешканні відповідала розрахунковим тепловтратам.

З метою більш ощадливої витрати електричної енергії для опалення застосовують електроаккумуляційне опалення. При цьому використовують електроенергію в години її малого споживання на основні потреби («провали» у графіках споживання), наприклад, вночі. Опалювальні прилади, що акумулюють тепло, віддають потім його приміщенню, не споживаючи електроенергії в години її максимальної витрати.

Крім специфічних приладів електроаккумуляційного опалення, можна використовувати в їх якості будівельні конструкції (наприклад, бетонні міжповерхові перекриття). При опаленні будівель електроенергією їх доцільно будувати з меншими тепловтратами, зокрема, з підвищеним опором теплопередачі конструкцій, що обгороджують.

Центральне опалення. Джерела тепла й поняття про централізоване теплопостачання

Системи центрального опалення характерні тим, що тепло передається від джерела в опалювальні приміщення по трубопроводам за допомогою того або іншого теплоносія: води, пари або повітря. Генератор тепла в цих системах розташовують, як правило, у котельні.

Залежно від виду теплоносія, що передає тепло від джерела, або перетворювача (бойлера) в опалювальних приміщеннях, системи центрального опалення називають водяними, паровими або повітряними.

Як джерела тепла для систем центрального опалення дуже часто застосовують водогрійні й парові опалювальні казани різних конструкцій. Гаряча вода або пара з них надходить безпосередньо в систему водяного або парового опалення, а також у повітропідігрівники повітряного опалення й вентиляції. Відомості про ці казани приводяться в курсі «Теплотехніка і використання тепла».

Для великих підприємств та їх об'єднань, промислових вузлів тепло для опалення, вентиляції й гарячого водопостачання промислових будівель виробляють найчастіше в центральних виробничо-опалювальних районних котельнях або на ТЕЦ. Централізоване теплопостачання в останні роки широко застосовують також для міст і селищ.

Теплоносієм при централізованому теплопостачанні служить гаряча вода або пара (при наявності технологічних споживачів). Вода переміщується по зовнішнім трубопроводам насосом, установленим у котельні або на станції ТЕЦ, пара - під дією надлишкового тиску в казані.

Існують різні схеми централізованого теплопостачання. Найбільш уживана двотрубна схема, при якій гаряча вода по трубах надходить у будинки, віддає тепло для опалення, вентиляції (у калориферах) і гарячого водопостачання, а потім повертається в центральну (районну) котельню або на станцію ТЕЦ. При одержанні тепла від ТЕЦ, де одночасно виробляється електрична енергія, систему централізованого теплопостачання часто називають теплофікацією.

У великих системах централізованого теплопостачання більші кошти витрачаються на спорудження зовнішніх трубопроводів і перекачування води. Тому, для зменшення діаметра трубопроводів і витрати електроенергії мережними насосами підвищують розрахункову температуру гарячої води, що циркулює в зовнішніх трубопроводах. Так, якщо на зорі розвитку централізованого теплопостачання (1925 - 1930 рр.) максимальна температура гарячої води приймалася 110° (температура зворотної води 70°), зараз діють системи, у яких при тій же температурі зворотної води температура гарячої досягає 180° . При цьому кількість тепла, що віддає 1 кг циркулюючої води в першому випадку становить $110 - 70 = 40$ ккал, а в другому $180 - 70 = 110$ ккал, тобто майже в 3 рази більше.

Зовнішні трубопроводи (тепломережі) централізованого теплопостачання найчастіше прокладають під землею. Застосовують три види підземної прокладки: безканальна, у непрохідних каналах й у прохідних каналах або колекторах.

Більше економічна безканальна прокладка труб з ізоляцією (з армопінобетона або бітумперліта), що накладається на трубу в заводських умовах. Цей спосіб є найбільш індустріальним. Представляє також інтерес колекторна прокладка, коли тепломережі розміщаються в прохідному каналі разом з іншими комунікаціями (водопроводом, електрокабелем, телефонними лініями). Цей спосіб прокладки самий дорогий, але експлуатація труб більш зручна, тому що при колекторній прокладці можливий не тільки огляд, але й ремонт комунікацій без розкриття каналу.

При прокладці труб у непрохідних каналах великої довжини їх доцільно монтувати зі збірних залізобетонних елементів. Канали малої довжини можна виконувати із цегли й монолітного залізобетону.

Глибина закладення труб і каналів визначається міркуваннями їх схоронності від навантажень транспорту, який проходить над ними. Звичайно вона становить не менш 0,5 м.

Для зменшення вартості прокладки тепломереж доцільно розміщати їх також у підвалах промислових будинків.

На території промислових підприємств, крім підземної, можлива повітряна прокладка зовнішніх трубопроводів централізованого теплопостачання на високій або низькій естакадах (разом з технологічними трубопроводами).

Після закінчення монтажу централізованого теплопостачання його вузли випробовують на герметичність, а потім ведуть налагодження системи. Остання зводиться до доведення до проектної потужності теплових і насосних

агрегатів і регулюванню мережі з метою забезпечити подачу проектної кількості тепла в кожну будівлю.

Використання централізованого теплопостачання дозволяє істотно поліпшити стан повітряного басейну, оскільки він забруднюється в значній мірі викидами неочищених димових газів від дрібних опалювальних установок.

З огляду на зазначені переваги централізованого теплопостачання, необхідно передбачати його при проектуванні нових підприємств, маючи на увазі можливість пристрою єдиних джерел тепла для розташованих поблизу споживачів поза залежністю від їх відомчої підпорядкованості.

При проектуванні підприємств, що будуються в районі дії централізованого теплопостачання, їх доцільно приєднувати до нього також й у тих випадках, коли гаряча вода не задовольняє технологічні потреби. При цьому економічно вигідно будувати котельні тільки для виробітку пари на технологічні потреби, а тепло на опалення, вентиляцію й гаряче водопостачання одержувати від централізованого теплопостачання.

Тема 3. Водяне опалення

План

- 3.1. Класифікація систем водяного опалення.
- 3.2. Принципові схеми теплопостачання систем водяного опалення.
- 3.3. Теплові пункти.
- 3.4. Однотрубна та двотрубна системи з природною циркуляцією.

3.1. Класифікація систем водяного опалення.

Система водяного центрального опалення складається з теплового пункту, магістралей, окремих стояків і гілок з опалювальними приладами. Системи центрального водяного опалення розрізняють:

По температурі теплоносія до 105°C і більше 105°C (див. Парове опалення);

За схемою з'єднання труб з опалювальними приладами - однотрубні і двотрубні;

Однотрубна. Однотрубні системи влаштовані таким чином: по одній трубі йде подача теплоносія від котла наверх будівлі, а по іншій трубі теплоносій надходить у послідовно підключені батареї. При цьому, на нижні поверхи потрапляє помітно остивша вода, і не представляється можливим регулювати її температуру. Подача тепла безпосередньо знизу вгору економічно недоцільна з огляду на те, що різниця температур при такій схемі дещо збільшена, а коефіцієнт корисної дії системи у багатоповерхових будинках нижче, ніж при подачі тепла з попередніми висновком труби наверх будівлі.

Двотрубна. Двотрубна система подачі тепла - радіатори підключені до мережі опалення будинку паралельно, що дозволяє зберігати однакову

температуру теплоносія на всьому стояку.

По положенню труб, які об'єднують опалювальних прилади, - вертикальні і горизонтальні;

По розташуванню магістралей - з верхнім розведенням і з нижнім розведенням;

За напрямком руху води.

Системи водяного опалення за способом створення циркуляції води поділяються на системи:

з природною циркуляцією (гравітаційні) за рахунок різниці густин рідини з механічною циркуляцією води за допомогою насоса (насосні).

Вибір системи водяного опалення полягає у встановленні параметрів води, гідравлічного тиску в системі, а також у виборі типу опалювальних приладів і конструкції системи.

Опалення індивідуальних житлових будинків

До теперішнього часу зложилися два основні типи індивідуальних житлових будинків: садиби для круглогодичного проживання мешканців і будинку (дачі) для проживання тільки в літній період. З технологічної точки зору вимоги до садиб і літніх будинкам помітно різняться. Оскільки в літніх будинках проживають в основному в літній період, різницю температур приміщення й зовнішнього повітря відносно невелика. Тому зовнішні стіни будиночків звичайно мають невеликий термічний опір теплопередачі від повітря внутрішнього приміщення до зовнішнього. Як правило, стіни літніх садових будиночків виготовляють із полегшених конструкцій. І в цих будиночках опалення, як правило, отсутствует.

Необхідність створення комфортних умов у літньому садовому будиночку і в зимовий час зобов'язує хазяїв використовувати різні варіанти опалення, причому в якості теплогенераторів використовуються в основному печі на твердому паливі. Крім печей і камінів можуть бути рекомендовані також електронагрівники (Тены, рефлектори, електрокаміни і т.д.). У цих випадках не слід використовувати водяні системи опалення, оскільки при негативних температурах потрібно зливати воду із системи, а потім знову заповнювати її водою - заняття, пов'язане з певними незручностями. Уникнути їх можна, якщо використовувати в якості теплоносія незамерзаючу рідину - антифриз. Однак слід уважатися з тим, що антифриз досить дорогий і токсичний.

Що стосується теплопостачання садибних і дачних будиночків із круглогодичним проживанням мешканців, те їхні обладнання повинні забезпечувати весь комплекс зручностей, надаваних міським жителям: опалення, гаряче водопостачання, можливість готування їжі. У той же час основні теплопотребляющие елементи будинків - системи опалення й гарячого водопостачання мають деякі особливості в порівнянні із системами опалення й гарячого водопостачання - міських житлових будинків.

Вони полягають у наступному:

оскільки будинки садибного типу мають невеликий обсяг і відповідно невеликі тепловтрати, їх звичайно приєднують до зовнішніх тепломереж, що обслуговуються групою або індивідуальною котельнею з температурою

теплоносія не більш 95° С. Приєднання квартирних систем опалення до тепломережі в цьому випадку можна робити без обладнань, що підмішують, у вигляді елеваторів; через те, що садибні будинки мають один-два поверхи, у них, як правило, доцільно застосовувати найбільш просту однотрубну систему опалення; із-за відсутності регуляторів для невеликих витрат мережної води для приєднання до тепломережі систем гарячого водопостачання слід використовувати ємнісні водонагрівачі, у яких вода тепломережі нагріває місцеву воду через поверхню розміщеного в ньому змійовика (бойлерні казани). Для опалення малоповерхових будинків у цей час застосовують грубне, водяне, електричне й повітряне опалення.

Найбільше зовсім електричне опалення, що характеризується рядом гідностей, у тому числі зручністю регулювання теплового навантаження, відсутністю громіздких опалювальних приладів, високою гігієнічністю. Єдиний, але часто вирішальний недолік електричного опалення - його дорожнеча. Вартість одиниці відпущеного тепла при електричній опаленні в кілька раз вище, чим при виробленні тепла в печах або казанах тільки здесь деревянные окна по хорошей цене

Найбільше поширення одержали водяні й повітряні системи опалення. При оцінці теплотехнічних властивостей теплоносіїв вирішальними показниками є вага й об'ємна теплоємність і температура. З погляду кількості тепла, що втримується в одиниці об'єму, вода має величезні переваги. Наприклад, при звичайних для систем опалення температурах води 80° С и повітря 70° С об'ємна теплоємність становить:

$$\text{води: } C_v = \rho C_g = 975 \times 1 = 975 \text{ ккал/(м}^3 \times ^\circ\text{З)};$$

$$\text{повітря: } C_v = (1.29 \times 273 \times 0.24) / (273 + 70) = 0.25 \text{ ккал/(м}^3 \times ^\circ\text{З)}$$

тобто теплоємність води більша чим теплоємність повітря майже в 4000 раз. Відповідно об'ємна витрата її, необхідна для опалення того самого приміщення, у тисячі раз менше витрати повітря, у силу цього потрібно набагато менший розтин сполучних комунікацій, що транспортують розігрітий теплоносій в опалювальне приміщення. Більші обсяги нагрітого повітря утрудняють його транспортування й розподіл по опалювальних приміщеннях. Через значні діаметри розділових воздуховодов вентилятор для передачі нагрітого повітря необхідно розташовувати поблизу опалювального житлового приміщення, що пов'язане із проникненням у приміщення шуму від працюючого вентилятора.

Разом з тим повітря, як теплоносій, має ряд переваг у порівнянні з водою.

По-перше, він передає тепло в приміщення безпосередньо, тобто без установки опалювальних приладів. Проникаюча здатність повітря велика, за рахунок високої конвенційної здатності здійснюється ефективне опалення приміщення

По-друге, не потрібно обладнань каналізації теплоносія (повітря).

Переваги повітряного опалення оцінені людиною давно. Відомо, що опалення гарячими газами було першим способом штучного опалення житла

Простий і прадавній спосіб опалення шляхом спалювання палива

усередині приміщення сусідив із центральними установками водяного й повітряного опалення. Так, у м. Ефесі, заснованому в X столітті до н.е. на території сучасної Туреччини, для опалення приміщень уже в той час використовувалася система трубок, у які подавалася гаряча вода з казанів, що перебувають у підвалах будинків. У Хакасії й багатьох інших місцях нашої країни застосовувалося напольное опалення з використанням теплоти продуктів згоряння, що централізовано спалюється палива. Система повітряного опалення, створена в Італії, докладно описана ще Витрувієм (кінець I століття до н.е.). Зовнішнє повітря нагрівалося в підпільних каналах, попередньо прогрітих гарячими газами, і надходив в опалювальні приміщення. По такому ж принципу опалювалися приміщення замків у Німеччині в середні століття

На розвиток опалювальної техніки впливав вид застосовуваного палива. У плінні багатьох сторіч використовувалося тверде паливо (дрова, вугілля) і опалювальні установки пристосовувалися до його згоряння. Відомі численні конструкції вогнищ і жаровень, камінів і особливо печей, що одержали широке поширення в Росії. Опалювальні печі для спалювання твердого палива часто застосовують і зараз.

З відкриттям нових видів палива (природний газ, нафта) створюються опалювальні установки й теплові станції для їхнього спалювання з нагріванням проміжного середовища, що переносить теплоту в приміщення.

У сучасних системах повітряного опалення малоповерхових будинків повітря нагрівають звичайно в калориферах теплообмінниках, печах, у яких тепло передається повітрю через стінку продуктами згоряння палива або електричними нагрівачами. Нагріта зсередини металева (або цегельна) поверхня калорифера (печі) прохолоджується зовні, віддаючи тепло повітрю. Тепловіддача повітрю тем вище, чим більше поверхня теплообміну, тому штучно збільшують поверхню теплообміну або збільшують швидкість руху повітря, що стикається з поверхнею теплообмінника.

Щільність повітря при середній температурі $+70^{\circ}\text{C}$ приблизно в тисячу раз менше ніж води, тому його здатність, що нагріває (коефіцієнт теплопередачі) значно (в 3050 раз) менше, чим цей показник для води. У такий спосіб в огневоздушних калориферах (теплообмінниках) існує небезпека перегріву поділяючої стінки теплообмінника. Щоб виключити це негативне явище, застосовують примусовий рух повітряного середовища в теплообміннику за допомогою вентиляторів. Промисловістю, на жаль, випускається мало вентиляторів з низькою продуктивністю й тому в більшості випадків застосовуються огневоздушные калорифери й теплообмінники, у яких використовується так звана природня тяга, що виникає при його нагріванні. Недоліком калориферів із природньою тягою є незначна величина виникаючого напору повітря. Це обмежує довжина розподільних воздухопроводів і створює труднощі у розподілі нагрітого повітря по приміщеннях

Зазначений недолік калориферів із природньою тягою не є визначальним. Головна причина того, що повітряне опалення ще мало

поширене в малоповерхових будинках, полягає в недостатньому випуску дешевих і малопродуктивних вентиляторів, а також у створюваному ними шумі. Крім того, конструкції розроблених до теперішнього часу калориферів передбачені тільки для спалювання мережного газу або рідкого палива. Тому найбільше поширення для опалення малоповерхових будинків одержало грубе й водяне опалення. Причому рух води у водяних системах можна здійснити без застосування насосів, використовуючи природній напір, що виникає внаслідок охолодження води в нагрівальних приладах

3.2. Принципові схеми теплопостачання систем водяного опалення.

Споживання теплоти у сільському господарстві має ряд особливостей, якими визначається вибір системи теплопостачання. Це, по-перше, відносно невелика теплова потужність споживачів, що як правило не перевищує 10 МВт (для великих сільськогосподарських комплексів і населених пунктів навантаження може досягти 35 МВт і більше); по-друге, це низька одинична концентрація споживачів теплоти; по-третє, низька щільність забудови у сільських населених пунктах, а отже, розосередженість споживачів.

Залежно від розміщення і потужності джерела системи теплопостачання поділяють на централізовані та децентралізовані.

Централізоване теплопостачання провадиться від великих опалювально-виробничих або опалювальних котельних установок, що обслуговують кілька груп будівель або споживачів, а також від теплоелектроцентралей (ТЕЦ).

Децентралізоване теплопостачання провадять від місцевих та індивідуальних джерел теплоти (невеликих котельних установок, теплогенераторів, газових та електричних водонагрівників, опалювальних печей).

Розрахунки свідчать, що при довжині теплових мереж понад 0,5...0,6 км у сільських умовах економічно доцільно застосовувати місцеві джерела теплопостачання.

Системи теплопостачання можуть бути відкритими та закритими.

У відкритих системах вода, що циркулює у тепловій мережі, частково або повністю відбирається для гарячого водопостачання.

У закритих системах вода або пара, що циркулюють у тепловій мережі, із мережі не відбираються. Вони служать теплоносієм для підігріву води у теплообміннику.

Як водяні, так і парові системи поділяють на одно-, дво- та багатотрубні. Однотрубні (розімкнені) системи найекономічніші. Однотрубна водяна система доцільна у тих випадках, коли середньогодинна витрата мережі води на опалення і гаряче водопостачання збігається із середньогодинною витратою води, що йде на гаряче водопостачання.

Однотрубні парові системи можуть бути як із поверненням, так і без повернення конденсату. Для повернення конденсату потрібне спорудження конденсатопроводів, конденсатних баків і встановлення конденсатних насосів.

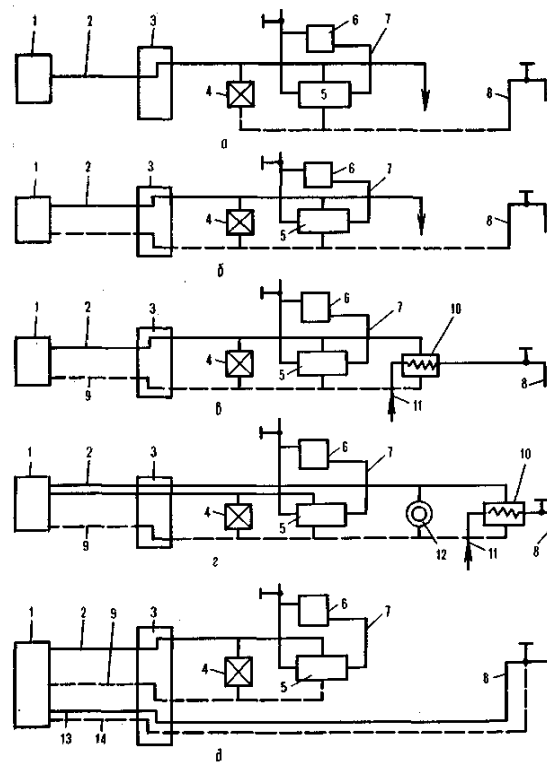
Двотрубну систему застосовують у тих випадках, коли споживачам потрібне тепло приблизно одного потенціалу. У сільськогосподарських підприємствах, де наявний технологічний споживач високого потенціалу, застосовують тритрубні водяні мережі. У тритрубних системах дві труби є подавальними, одна — для повернення конденсату.

Принципові схеми водяних систем теплопостачання наведені на рис. 1. В однотрубній (розімкненій) схемі (рис. 1,а) вода з котла подається у систему опалення (суцільна лінія) і гарячого водопостачання (штрихова лінія). Напівзамкнута двотрубна система (вода для системи опалення і гарячого водопостачання подається по визначених трубопроводах) наведена на рис. 1,б. Закрита двотрубна система (із повним поверненням конденсату у котельню) зображена на рис. 1, в. Якщо витрати води на технологічні потреби мало змінюється, віддають перевагу тритрубній системі (рис. 1, г).

У чотиритрубній системі (рис. 1, д) вода для гарячого водопостачання надходить безпосередньо з котла. Рециркуляційна вода повертається у котельню. Дві інші труби (подавальний та рециркуляційний трубопроводи) служать для систем опалення. Подібна схема вимагає великої витрати труб і може бути рекомендована лише для дрібних схем.

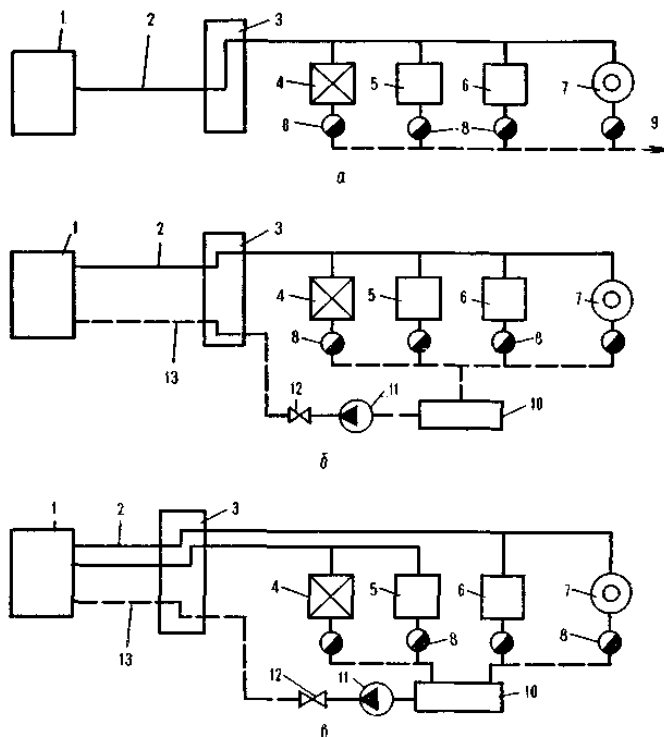
Парові одно- та двотрубні системи теплопостачання зображені відповідно на рис. 2, а, 2, в. Однотрубні системи застосовують при невеликих витратах пари. У таких системах конденсат не повертається від споживачів теплоти до джерела. У двотрубних системах конденсат від теплоспоживачів збирається у спільний бак, звідки насосом перекачується до джерела теплоти. Багатотрубні системи застосовують у тих випадках, коли потрібна пара різного тиску.

Існують три принципові схеми приєднання теплообмінників для потреб гарячого водопостачання — паралельна (рис.3, а), двоступінчаста послідовна (рис. 3,б) і двоступінчаста змішана (рис. 3, в). При паралельному приєднанні збільшується загальна витрата мережної води. При використанні інших схем зростає витрата води у водогрійних котельнях. Найширше застосовують паралельну схему підключення теплообмінників до теплової мережі



11.11. Принципові схеми водяних систем теплопостачання:
а — однострубною; б — двострубною відкритою; в — двострубною закритою; г — триструбною;
д — чотириструбною; 1 — котельня; 2 — подавальний трубопровід теплової мережі; 3 — абонентський теплообмінник; 4 — теплообмінник гарячого водопостачання; 5 — бак; 6 — нагрівальний прилад; 7 — трубопровід місцевої системи опалення; 8 — місцева система гарячого водопостачання; 9 — зворотний трубопровід теплової мережі; 10 — теплообмінник гарячого водопостачання; 11 — холодний трубопровід; 12 — технологічний апарат; 13 — подавальний трубопровід гарячого водопостачання; 14 — рециркуляційний трубопровід гарячого водопостачання

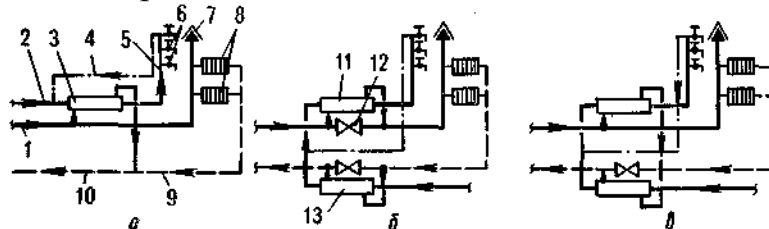
Рис. 1. Водяні системи теплопостачання



11.12. Принципова схема парових систем теплопостачання:
а — однострубною без повернення конденсату; б, в — відповідно двострубною та триструбною з поверненням конденсату; 1 — паровий котел; 2 — паропровід; 3 — абонентський теплообмінник; 4 — теплообмінник гарячого водопостачання; 5 — бак; 6 — нагрівальний прилад; 7 — технологічний апарат; 8 — конденсатодіагност; 9 — дренаж; 10, 13 — конденсатопроводи; 11 — насос; 12 — зворотний клапан

Рис. 2. Парові системи постачання тепла

Для індивідуальних квартир гаряче водопостачання суміщують із системою опалення. Воду для гарячого водопостачання підігрівають у водоводяному ємкісному теплообміннику, що одночасно служить і акумулятором гарячої води. При цьому можливі дві схеми підключення системи гарячого водопостачання до джерела теплоти: із теплообмінником відкритого і закритого типів. У першому випадку теплообмінник встановлюють вище водорозбірних точок, найчастіше — під стелею приміщення (рис. 20.4, а). Ємкісний теплообмінник 3 заповнюють через підживлювальний бачок 1 водою із колодязя насосом. У схемі із ємнісним теплообмінником закритого типу (рис. 20.4,б) теплообмінник розташований нижче водорозбірних точок. Теплообмінник постійно заповнений водою і перебуває під тиском водопровідної води.

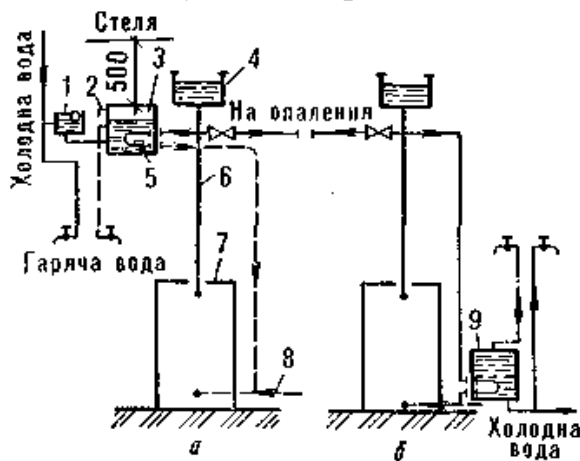


11.13. Принципові схеми підключення підігрівників до теплової мережі:
а — паралельна; б — двоступінчаста послідовна; в — двоступінчаста змішана; 1 — подавальний трубопровід теплової мережі; 2 — трубопровід холодної водопровідної води; 3 — підігрівник холодної води; 4 — циркуляційний трубопровід системи гарячого водопостачання; 5 — подавальний трубопровід системи гарячого водопостачання; 6 — водозабірний кран; 7 — пристрій для видалення повітря; 8 — нагрівальні прилади системи опалення; 9 — зворотний трубопровід теплової мережі; 10 — конденсатозбірник; 11 — підігрівник другого ступеня нагріву води для гарячого водопостачання; 12 — засувки; 13 — підігрівник першого ступеня нагріву холодної води

Рис. 3. Під'єднання споживачів до мережі

У тваринницьких фермах широко застосовують тупикову схему із верхнім розведенням трубопроводів та із баком-акумулятором.

Рекомендується встановлювати баки-акумулятори із великим запасом води, чим забезпечується збереження температури води на тривалий час.



11.14. Схеми підключення гарячого водопостачання до джерела теплоти квартирної системи опалення:

а — з теплообмінником відкритого типу; б — з теплообмінником закритого типу; 1 — живильний бачок; 2 — паралельна труба; 3 — теплообмінник відкритого типу; 4 — розширювальний бак; 5 — змійовик; 6 — головний стояк; 7 — котел; 8 — зворотний трубопровід системи опалення; 9 — теплообмінник

Рис. 4. Підключення гарячого водопостачання.

3.3. Теплові підстанції (пункти)

Теплові підстанції (пункти) являють собою вузли підключення теплоспоживачів до теплової мережі. їх також називають теплопідготовчими установками або абонентськими вводами.

Основне призначення теплових пунктів — підготовка теплоносія, подача його споживачам і повернення використаного теплоносія у зворотну лінію системи теплопостачання у котельню.

Схеми та обладнання теплових підстанцій залежать від виду та параметрів теплоносія та від призначення установки. Вони можуть бути водяними та паровими. Теплові підстанції споруджуються як місцеві (МТП), призначені для кожної будівлі, так і групові (ГТП) — для групи будівель. Останні головним чином застосовуються на промислових підприємствах, а також у відносно великих житлових районах.

При теплопостачанні сільських (селищних) житлових районів, тваринницьких комплексів та теплиць використовуються в основному місцеві теплові підстанції.

Системи опалення приєднують до теплових мереж за залежною або незалежною схемами. При використанні залежних схем системи опалення безпосередньо приєднуються до теплових мереж.

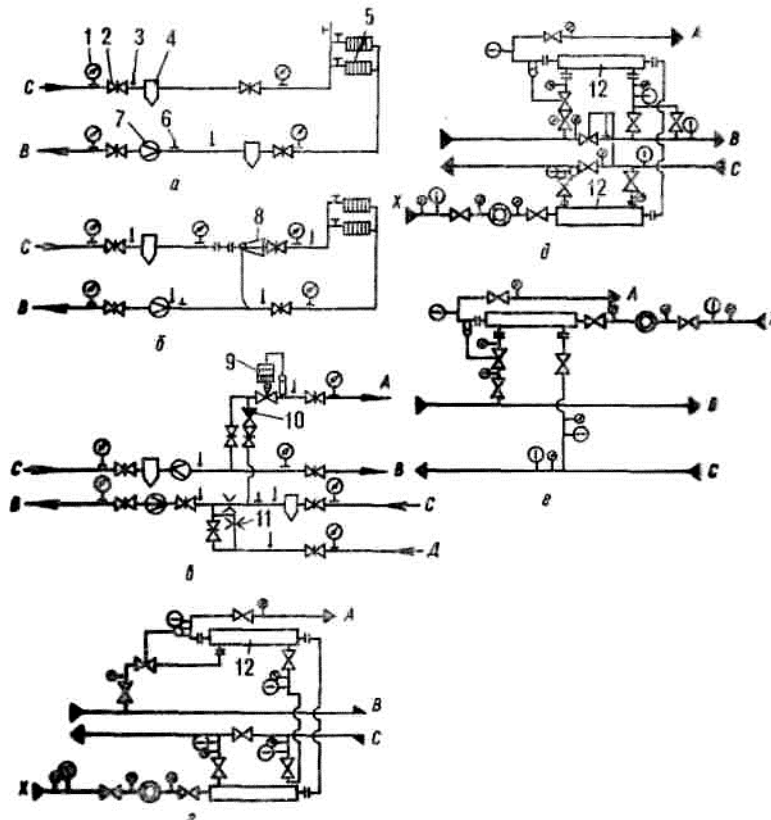


Рис. 5. Схеми приєднання споживачів до теплових мереж:

а — безпосереднє приєднання систем опалення; б — елеваторне приєднання систем опалення; в — приєднання систем гарячого водопостачання при безпосередньому водозаборі; г — приєднання систем гарячого водопостачання з включенням підігрівників за двоступінчастою послідовною схемою; д — те ж, за двоступінчастою змішаною схемою; е — те ж, за

паралельною схемою; 1 — манометр; 2 — засувка; 3 — термометр; 4 — грязьовик; 5 — опалювальний прилад; 6 — штуцер для манометра; 7 — витратомір (або лічильник) рідини; 8 — елеватор; 9 — клапан регулятора непрямої дії; 10 — зворотний клапан; 11 — дросельна діафрагма; 12 — теплообмінник гарячого водопостачання; А — вихід гарячої води до споживача; В — вихід гарячої води в систему опалення; С — повернення води із системи опалення; Д — повернення води із системи гарячого водопостачання; Х — підведення холодної води

При закритій системі тепlopостачання, системи гарячого водопостачання приєднують до двотрубних теплових мереж через водопідігрівники.

Водопідігрівники залежно від співвідношення максимальної витрати теплоти на гаряче водопостачання $Q_{г.в}$ та максимальної годинної витрати теплоти на опалення Q_o (у центральному або індивідуальному тепловому пункті) приєднують таким чином:

при $Q_{г.в} / Q_o < 0,6$ — за двоступінчастою послідовною та змішаною схемами (рис. 5, г, д);

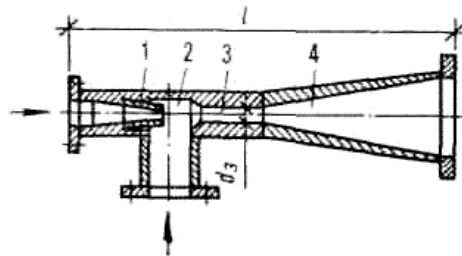


Рис.6. Елеватор:

1 — сопло; 2 — приймальна камера; 3 — змішувальна камера; 4 — дифузор

при $0,6 < Q_{г.в} / Q_o < 1,2$ — за двоступінчастою змішаною схемою (рис. 5, д);

при $(Q_{г.в} / Q_o > 1,2$ — за паралельною схемою (рис. 5, е). За цією ж схемою приєднуються дрібні споживачі з тепловим навантаженням 0,12 МВт (дитячі заклади, установи громадського харчування тощо). При тепlopостачанні від котелень продуктивністю менше 35 МВт допускається приєднання до теплових мереж водонагрівників систем гарячого водопостачання за паралельною схемою незалежно від співвідношення теплових навантажень.

Системи гарячого водопостачання лазень, пралень, лікарень, як правило, обладнують акумуляторними баками. В установках повітряного опалення та припливної венти-ляції калорифери, переважно, вмикають послідовно та обладнують автоматичними регуляторами, що забезпечують роботу установок у заданому режимі.

На теплових пунктах встановлюють таке обладнання: елеватори, відцентрові насоси, акумулятори гарячої води, водопідігрівники для систем

гарячого водопостачання та опалення (при незалежних схемах приєднання систем опалення до теплових мереж), грязьовики, фільтри, запірну арматуру і прилади контролю, автоматичні регулятори.

У тих випадках, коли елеватор через великий перепад тисків у місцевій системі теплопостачання або через не-значний перепад тисків у тепловому пункті не може забезпечити необхідний коефіцієнт змішування, встановлюють змішувальні насоси.

3.4. Однотрубна та двотрубна системи з природною циркуляцією.

Принципова схема системи водяного опалення із природною циркуляцією теплоносія

Принципова схема системи водяного опалення із природною циркуляцією теплоносія показана на мал. 7. Вода від казана до приладів теплообмінника й назад рухається під дією гідростатичного напору, що виникає завдяки різній щільності охолодженої й нагрітої рідини (теплоносія).

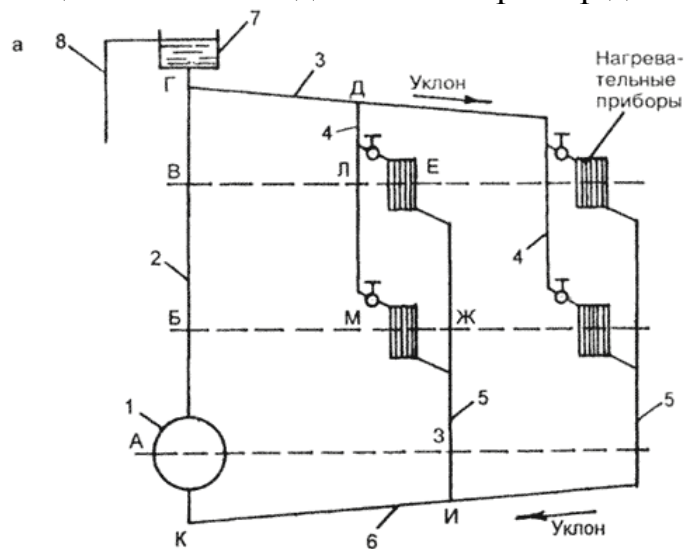


Рис. 7а. Системи водяного опалення із природною циркуляцією (верхнє розведення)

1 - казан; 2 - головний стояк; 3 - розводяща лінія; 4 - гарячі стояки;
5 - зворотні стояки; 6 - зворотна лінія; 7 - розширювальний бак; 8 - сигнальна лінія

Яка ж сила змушує воду циркулювати в системі, тобто рухатися по трубах з казана в нагрівальні прилади й назад у казан? Ця сила виникає при нагріванні води в казані й охолодженні її в нагрівальних приладах. Вода, нагріта в казані 1, як більш легка, піднімається по головному стоякові, що подає, 2 нагору.

Зі стояка вона надходить у розподільчі магістральні трубопроводи 3, а з них через стояки, що подають, 4 - у нагрівальні прилади. Тут вода остигає й тому стає більш важкою. Наприклад, щільність води при 40° С становить 992,24 кг/м³, при 70° С - 977,8 кг/м³, при 95° С - 961,9 кг/м³. Охолоджена вода через зворотні стояки 5 і зворотню лінію 6 опускається вниз і своєю вагою

витісняє нагріту воду з казана нагору - у головний стояк, що подає.

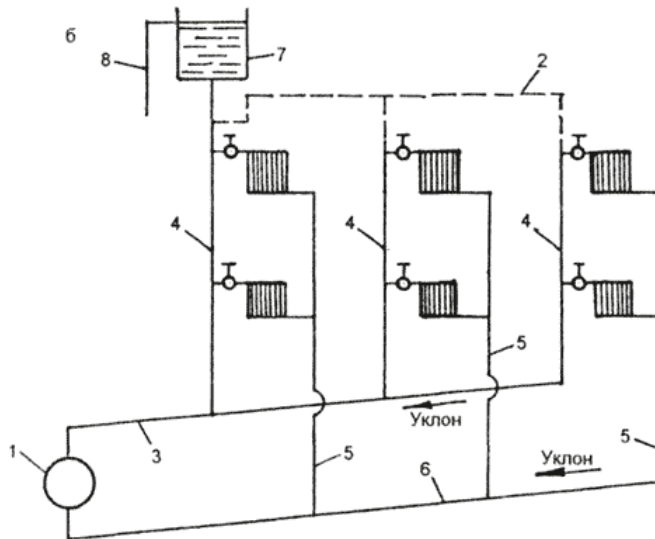


Рис. 7 б. Системи водяного опалення із природньою циркуляцією (нижнє розведення)

1 - казан; 2 - повітряна лінія; 3 - розводяща лінія; 4 - гарячі стояки;
5 - зворотні стояки; 6 - зворотна лінія; 7 - розширювальний бак; 8 - сигнальна лінія
Мастера делают ремонт компьютеров партизанская и измайловская.

Описаний процес безупинно повторюється і в результаті відбувається постійна циркуляція води в системі. Сила циркуляції, або, як прийнято говорити, циркуляційний тиск, залежить від різниці ваг стовпа гарячої й стовпа охолодженої (зворотної) води, отже, вона залежить від різниці температур гарячої й зворотної води

Крім того, циркуляційний тиск обумовлюється ще висотою розташування нагрівального приладу над казаном: чим вище розташований прилад, тим більше для нього циркуляційний тиск <http://www.budsam.in.ua>

Це можна довести в такий спосіб. У системах водяного опалення найбільша температура гарячої води звичайно рівна 95°C , а охолодженої - 70°C . Якщо зневажити охолодженням води в трубах, то можна вважати, що в нагрівальний прилад вода надходить із температурою 95°C , а йде з нього з температурою 70°C . При цьому умові визначимо спочатку для верхнього, а потім для нижнього нагрівального приладу циркуляційний тиск, під впливом якого відбувається через них рух води

Проведемо на мал. 7а пунктирні горизонтальні лінії через центри нагрівальних приладів і казана. Допустимо, що ці лінії є границею між водою з температурою 95°C і водою з температурою 70°C . Очевидно, що на ділянці БВГДЛ температура води буде однакою й рівна 95°C , отже, тут не може виникнути сила, яка змусила б воду циркулювати.

Однакова й рівна 70°C температура на ділянці АКИЗ, тому й отут не може бути створена необхідна сила. Залишається розглянути інші дві ділянки - АВ і ЕЗ. На ділянці АВ температура води рівна 95°C , а на ділянці ЕЗ вона

становить 70° С. При такому співвідношенні температур у наявності необхідна умова для виникнення циркуляційного тиску внаслідок різниці ваг води на ділянці ЕЗ і АВ і створюється циркуляція в кільці АБВГДЛЕЖЗИК. Сказане відноситься до верхнього нагрівального приладу.

Тема 4. Повітряне опалення

План

4.1. Системи повітряного опалення. Схеми місцевих і централізованих систем повітряного опалення.

4.2. Теплообмін в приміщенні при панельно-променевому опаленні.

4.3. Нагрівальні прилади систем водяного, парового, панельно-променевому опалення. Конструктивні та теплотехнічні характеристики.

4.1. Системи повітряного опалення. Схеми місцевих і централізованих систем повітряного опалення.

Повітряне опалення приватних будинків у Канаді і США займає по різних оцінках 70-90% опалювального ринку. В Україну це опалення “прийшло” разом з Незалежністю. Як правило замовниками повітряної системи опалення стають люди, які побували у Канаді чи США і бачили цю систему в дії. З тих пір цей вид опалення вступає в конкурентну боротьбу з традиційним, водяним опаленням.

Система повітряного опалення на сьогоднішній день набула широкого розповсюдження в приміщеннях торгових, торгово-розважальних, оздоровчих та офісних центрів, приватних будинках, складах та виробничих площах.

Повітряне опалення інтенсивно впроваджується завдяки перевагам:

1. “Air” – комфорт:
 - а) температурний режим цілий рік (систему повітряного опалення можна опційно доповнити кондиціонером);
 - б) контроль вологості (дана функція дозволяє підтримувати необхідну відносну вологість в приміщенні);
 - в) очищення повітря до 99,9% за допомогою електронних та НЕРА – фільтрів та бактерицидних ламп;
 - г) вентиляція приміщень.
2. Економія енергоресурсів.
3. Мала інерційність системи.
4. Відсутність високотемпературних приладів в приміщенні.
5. Безпечність замерзання системи.

Системи повітряного опалення працюють за принципом циркуляції повітря мережею повітропроводів. Локомотивну функцію та функцію нагріву повітря виконує піч. Джерелом енергії може бути природний або скраплений газ, електроенергія, тверде та дизельне паливо. Піч містить в собі примусову систему димовідведення, що забезпечує надійне видалення продуктів

згорання, а також автоматику, яка контролює та керує процесом роботи системи повітряного опалення.

Необхідна температура повітря в приміщенні підтримується за допомогою термостата.

Принцип роботи

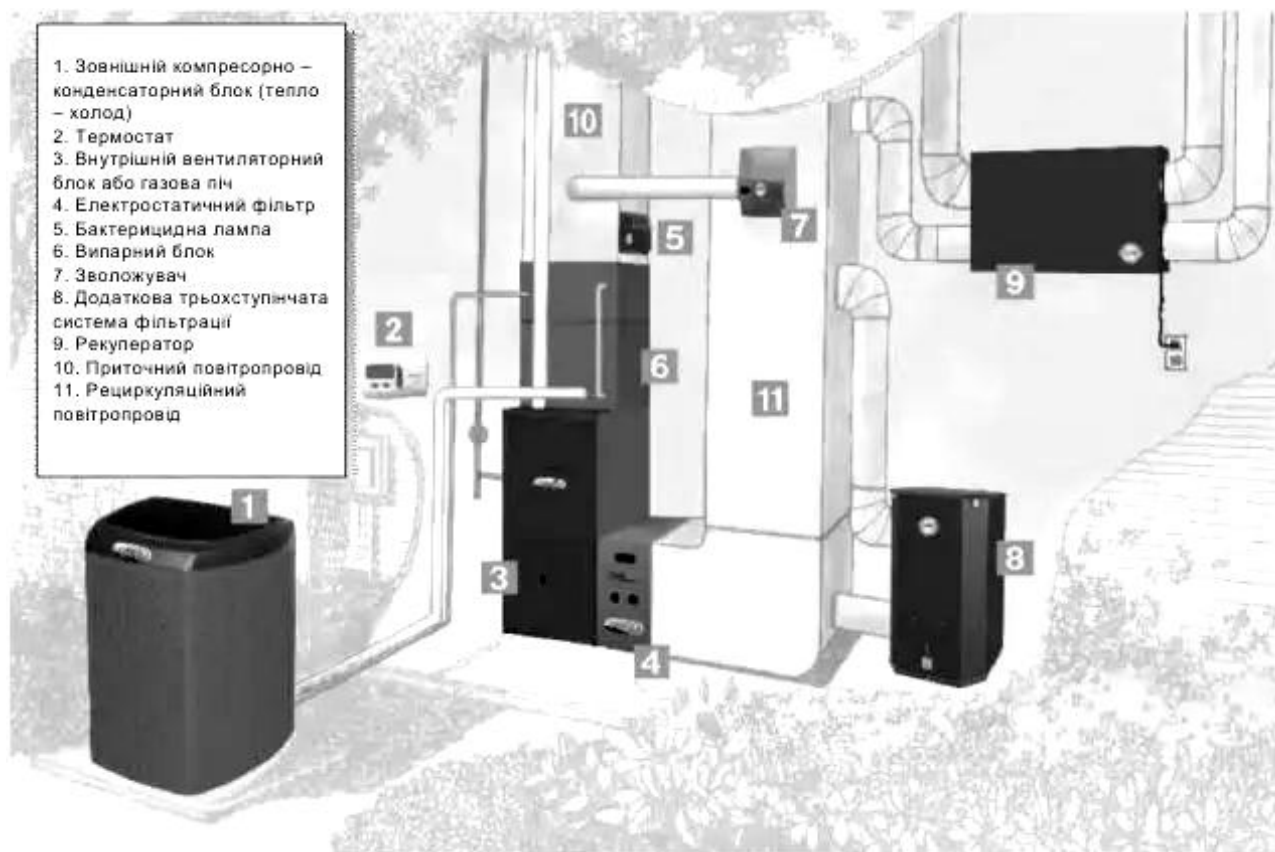
Серцем системи є газовий котел, у якому димові гази через теплообмінник передають теплоту згорання газу безпосередньо повітря. Внутрішнє повітря приміщень забирається через забірну решітку, проходить через фільтр і потрапляє в теплообмінник, де нагрівається. Нагріте та очищене повітря вентилятором транспортується через систему повітропроводів і з припливних решіток рівномірно роздається в приміщення. Цей цикл постійно повторюється, з підмішуванням свіжого повітря до досягнення заданої Вами температури на термостаті.

Суттєвою перевагою такої системи є можливість використання системи повітропроводів для охолодження повітря приміщень в теплий період року. Для цього достатньо встановити спеціальний кондиціонер. Крім того, в системі відсутній водяний контур, що унеможливорює замерзання в разі зупинки котла зимою, а також економить газ за рахунок швидкого прогрівання повітря приміщення без затрат на нагрівання радіаторів та води в них. За рахунок цього, в окремих випадках, можна зекономити до 50% палива.

Крім того, існує можливість підмішування до рециркуляційного повітря свіжого в кількості до 20 %, що достатньо для вентиляції. Ще однією перевагою таких систем є можливість проектування зовнішньої установки (Roof-top), котра не потребує окремого приміщення і може встановлюватись за межами будівлі або на даху.

Переваги систем повітряного опалення.

Найвідчутніша перевага такого опалення – можливість одночасної вентиляції приміщень за рахунок подачі частини повітря ззовні. Потреба у вентиляції відчувається після утеплення фасаду і встановлення віконних склопакетів, що перекривають природній доступ свіжого повітря в кімнати. Водяне опалення в такій ситуації безсиле, а відкривання вікон – не економне та шкідливе для здоров'я мешканців внаслідок потрапляння переохолодженого повітря в кімнати.



Інша перевага систем повітряного опалення полягає в економії палива. Вона досягається за рахунок самого принципу опалення де проміжний теплоносій - вода - відсутній. За рахунок цього система стає менш інерційною, значно швидше реагує на зміну температурного режиму приміщень та температури назовні, а також відсутні затрати на прогрів системи (немає води та радіаторів). Внаслідок цього витрата палива зменшується на 15-20%. В традиційних системах опалення такого результату можна досягти з рахунок встановлення дорогої автоматики. Крім того, через відсутність водяного контуру, немає небезпеки замерзання системи (наприклад при вимкненні електроенергії, або при тривалій відсутності мешканців), а також легкий пуск та швидкий прогрів кімнат після тривалого відключення опалення – це важливо для заміських дач та котеджів де немає необхідності опалювати постійно.

Існує хибна думка, що повітряне опалення сушить повітря чи спалює кисень, однак, вона не відповідає дійсності. Відносна вологість повітря знижується при нагріві повітря в будь-якому нагрівальному приладі, щоб у цьому переконатись достатньо в кімнаті багатоповерхівки встановити кімнатний гігрометр в опалювальний сезон він покаже відносну вологість повітря нижче 20 % при нормі 40-60%.



В системах повітряного опалення є можливість контролювати відносну вологість повітря за рахунок встановлення додаткового приладу – зволожувача повітря. Спалювання кисню відбувається в установках де повітря нагрівається вище 80 оС до таких відносяться калорифери із спіралями розжарювання, та конвектори різних конструкцій, де такий процес має місце. В печах повітряного опалення температура нагрітого повітря контролюється автоматикою, котра при перегріванні теплообмінника вище 60 оС вимикає секцію нагріву, отже спалювання кисню не відбувається.

До переваг таких систем відноситься і можливість використання системи повітропроводів для кондиціювання повітря приміщень в теплий період року. Для цього необхідно лише додатково встановити каналний кондиціонер. Його робота синхронізується з роботою повітронагрівача та управляється тим самим пультом управління що і піч.

Найефективнішим та найдешевшим альтернативним джерелом енергії на сьогодні є тепловий насос з повітряним охолодженням конденсатора. По суті в систему повітряного опалення встановлюється кондиціонер з функцією теплового насоса. Така система дозволяє використовувати тепловий насос до температури довкілля вище -8 оС для забезпечення потреб опалення будинку. При нижчих температурах довкілля система автоматично переходить на споживання газу. Експлуатація теплового насосу обходиться дешевше за експлуатацію газового обладнання в 1,5 рази, а в порівнянні з використанням електричних нагрівачів – в 3,5 рази. Крім того, в літній період, він буде працювати на охолодження повітря.

Встановлення рекуператора дозволить заощадити на нагріванні припливного повітря, котре потрапляє в систему зовні. Для цього використовується теплота витяжного повітря, яке видаляється з приміщення.

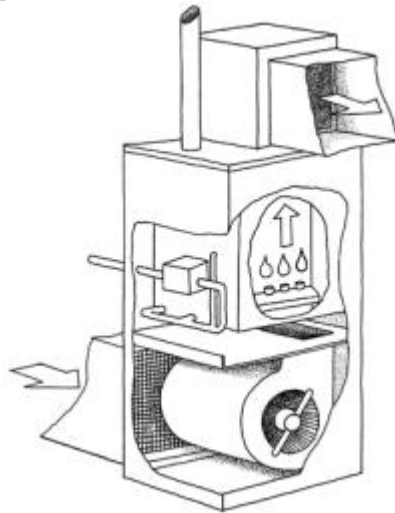
Все повітря, що циркулює в системі опалення проходить механічний фільтр (в базовій комплектації), є можливість, також, додаткового встановити електростатичний фільтр та HEPA – фільтр котрі забезпечать значно вищу ступінь очистки повітря, а також ультра - фіолетову лампу для дезінфекції.

Управління системи здійснюється з програмованого термостата, на якому задається температура повітря, режими зима/літо та режим вентиляції. Крім цього, термостат можна програмувати на підтримання різної температури повітря протягом доби (напр. ранок, день, вечір, ніч) та протягом тижня щодобово.

Влітку, при наявності кондиціонера, на термостаті встановлюється режим cool (охолодження). Система працює аналогічно як і в режимі опалення, тільки секція нагріву вимкнена, а повітря проходить через секцію охолодження (внутрішній блок кондиціонера каналного типу).

В період Осінь/Весна система може працювати в режимі вентиляції, коли не працюють секції нагріву та охолодження, а працює циркуляційний вентилятор, очищуючи повітря та подаючи частину свіжого.

Обладнання для повітряного опалення



На сьогодні, лідером з виробництва побутового обладнання для повітряного опалення є США та Канада. Наше підприємство має досвід співпраці з багатьма торговими марками, однак сьогодні ми пропонуємо обладнання преміум – класу виробництва компанії Lennox (США), а також обладнання бюджетного класу під торговими марками Tempstar та Ruud (США). Слід зауважити, що для вітчизняного ринку виробники виготовляють обладнання під відповідні параметри електричної мережі (220/380 В, 50 Гц), тому завозити його самотужки з-за океану в багатьох випадках недоцільно. Все пропоноване обладнання сертифіковане на території України та складається на заводах в США.

4.2. Теплообмін в приміщенні при панельно-променевому опаленні.

Як і для житлового будинку, принцип роботи системи повітряного опалення в будівлях комерційного призначення залишається незмінним, проте переваги такої системи відчутніші. Через специфіку експлуатації таких приміщень на передній план виступає можливість поєднати одразу декілька систем, таких як опалення, вентиляція та кондиціювання. Таке поєднання значно знизить капітальні затрати на будівництво інженерних систем без зниження комфортності та дозволить значно швидше повернути вкладені кошти.

З досвіду експлуатації системи повітряного опалення треба відзначити той факт, що в офісах та магазинах, внаслідок періодичності перебування в ній працівників, відбувається значне коливання температур протягом доби. Наприклад, вночі система не працює, а з приходом працівників необхідно швидко нагріти приміщення до комфортної температури. Завдяки малій інерційності повітря приміщення прогріваються до комфортних температур вже за 15 хвилин, а відсутність води в системі дозволяє не турбуватись про «заморожування» системи, що робить такий спосіб обігріву ідеальним для магазинів та офісних приміщень. Економія енергоресурсів в такому випадку сягає 30 % в порівнянні з іншими системами.

Обладнання для повітряного опалення споруд комерційного призначення.

Обладнання для повітряного опалення споруд комерційного призначення має декілька різних модифікацій, завдяки яким можна спроектувати систему практично для будь-якого об'єкту обираючи найкраще рішення.

За видом палива найбільш розповсюдженим є газовикористовуюче обладнання. Це пов'язано в першу чергу із зручністю експлуатації такого обладнання та відносно низькою вартістю цього ресурсу. Ввімкнення – вимкнення установки відбувається автоматично залежно від температури заданої на термостаті. Немає також потреби постійно наглядати за котлами, вони мають всі необхідні ступені захисту для безпечного використання.

Найоптимальнішим, з точки зору вартості та можливості вдосконалення системи є повітрянагрівачі внутрішнього виконання. Якщо в будівлі є приміщення паливної, куди дозволено встановлювати газовикористовуюче обладнання – це найкраще рішення. Для забезпечення кондиціювання в таку систему вмонтовується кондиціонер. Це можна зробити як при монтажі системи опалення так і через будь-який час після запуску опалення. Крім того, частина свіжого повітря, що підмішується до рециркуляційного забезпечить приміщення достатньою кількістю свіжого повітря для вентиляції. Отже, немає потреби встановлювати дороге вентиляційне обладнання.

В разі, якщо немає можливості встановити газовий прилад всередині приміщення, використовують установки зовнішнього виконання, які дещо дорожчі за внутрішні, однак дозволяють встановити їх за межами будівлі або

на даху просто неба. Перевага їх полягає у відсутності потреби обладнання спеціального приміщення. Теплова потужність таких котлів від 60 до 500 кВт.

Дсить розповсюдженням в Україні є застосування дахових кондиціонерів (Roof-top), які крім кондиціонера мають в собі газовий пальник для забезпечення опалення взимку. Руф-топи відрізняються тим, що мають в собі одразу внутрішній та зовнішній блоки кондиціонера та секцію нагріву (газову або електричну). Таке обладнання швидко монтується на плоских дахах або на землі поруч із спорудою. Недоліком є те, що за кондиціювання доводиться платити одразу при купівлі руф-топа, на відміну від установок внутрішнього виконання.

Коли підведення газу неможливе для опалення використовують вентиляторні блоки в комплекті з електронагрівачами. До переваг електричного нагріву можна віднести відносно низьку вартість обладнання та зручність в експлуатації. Основний недолік – велике навантаження на електромережу, що обмежує можливість встановлення цього виду обладнання та достатньо високі тарифи на електроенергію. Установку з електричними ТЕНами доцільно використовувати в комплекті з тепловим насосом, що дозволить знизити споживання електроенергії майже в 4 рази.

Останніми роками популярними стають повітронагрівачі на твердому паливі (тирса, брикети, дерево, торф). Такі установки доцільно встановлювати у виробничих приміщеннях, цехах, тощо. В умовах, коли відходи деревини є в достатній кількості, а вимоги до комфорту мінімальні – це найкращий варіант. Перевага таких повітронагрівачів – низька вартість обладнання та відносно низька вартість палива. Основним недоліком таких нагрівачів є складна автоматизація підтримання заданої температури та необхідність постійного нагляду за котлом.

У випадку, коли водогрійні котли вже встановлено, – найефективнішим способом опалення буде використання тепловентиляторів з водяним теплообмінником. Такі тепловентилятори встановлюються безпосередньо в обслуговуваному приміщенні, гаряча вода від котельні до тепло вентилятора подається трубопроводом. Теплообмінник обдувається вентилятором, і нагріте повітря потрапляє в робочу зону приміщення. Недоліком такого способу опалення є нерівномірність розподілу температури в приміщенні та значна швидкість потоку повітря в зоні дії тепло вентилятора. Існують також тепловентилятори з газовим пальником, вони мають в собі камеру згорання де спалюється газ, димові гази через димохід відводяться назовні, вони не потребують додаткового джерела тепла. Принцип роботи їх подібний до тепло вентиляторів з водяним теплообмінником.

4.3. Нагрівальні прилади систем водяного, парового, панельно-променевого опалення. Конструктивні та теплотехнічні характеристики.

Вентиляторами називають гідравлічні машини, що призначені для переміщення повітря або інших газів при надлишковому тиску не більше 15 кПа.

За принципом дії вентилятори бувають радіальні (відцентрові) та осьові (табл. 10.1, 10.2). В останній час знаходять застосування модифікації радіальних вентиляторів— прямоточні, смерчові, дискові, вихрові, діаметральні. Найширше в сільськогосподарському виробництві застосовують відцентрові та осьові вентилятори. Відцентрові вентилятори (рис. 10.1) використовують для подачі повітря під великими напорами, а осьові — при малих напорах, але великих подачах.

Залежно від створюваного надлишкового тиску вентилятори поділяють на три групи: низького тиску — до 1 кПа; середнього— 1...3 кПа; високого тиску — 3...15 кПа. Цей поділ є, до певної міри, умовним, оскільки залежно від частоти обертання робочого колеса один і той же вентилятор може відноситись до двох суміжних груп.

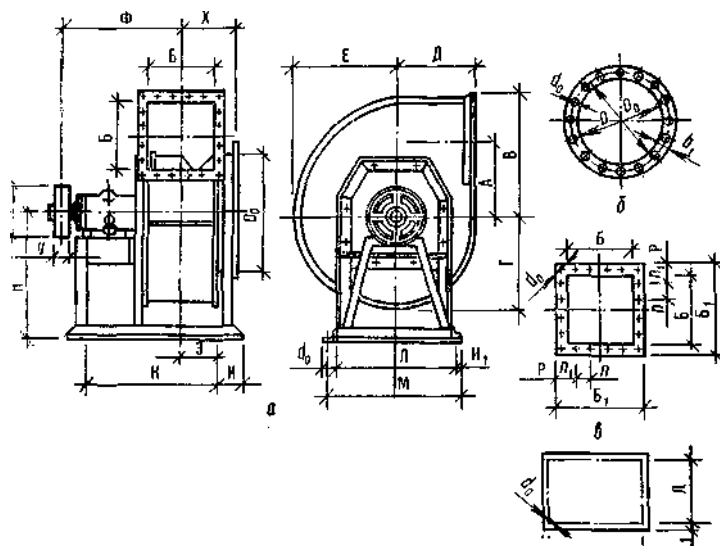
1. Технічна характеристика осьових вентиляторів типів МЦ та 06-320

Тип та номер вентилятора	Подача L_0 , тис.·м ³ /год	Діаметр робочого колеса,	Повний тиск P_0 , Па	Частота обертання, хв. ⁻¹	Потужність електродвигуна, кВт	Маса, кг
МЦ						
№4	1,5...6,5	00	70...330	1440	0,3	22
№5	4,5...7,0	00	60...120	1440	0,4	27
№6	8,0...14,0	00	100...180	1440	1,0	56
№7	12...19	00	120...230	1440	2,0	64
№8	18...27	00	200...300	1440	3,5	159
№10	24...35	000	160...210	960	3,5	265
№12	30...48	200	100...170	720	3,5	270
06-320						
№4	1,2...6,5	00	40...330	1440...2860	0,1...1,0	11
№5	2,2...6,3	00	60...130	1440	0,4	18
№6	4,5...11,0	00	90...180	1440	1,0	28
№7	9...17	00	130...230	1420	1,7	40
№8	7...26	00	70...330	930...1440	1,0...4,5	81
№10	15...64		110...220	950	2,2	133

		000				
№12	26...61	200	160...340	980	7,0	183

2. Технічна характеристика вентиляторів типу ВО

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



1. Відцентровий вентилятор Ц4:

а — загальний вигляд; б, в — фланці відповідно вхідного і вихідного патрубків; г — розміщення фундаментних болтів

Вибір вентиляторів

Типорозмір вентилятора вибирають залежно від розрахункових величин подачі, напору, а також з врахуванням фізико-хімічних характеристик газового середовища, в якому працює вентилятор. Враховуються також умови монтажу та експлуатації вентиляторної установки.

Методика вибору вентиляторів для систем вентиляції. Подачу вентилятора визначають, виходячи з технологічно необхідної витрати вентиляційного повітря та з врахуванням витікання та підсмоктування повітря в повітропроводах. Для металевих та пластмасових повітропроводів довжиною до 50 м поправочний коефіцієнт на витікання та підсмоктування приймають рівним 1,1, а для довших повітропроводів та повітропроводів з інших матеріалів — 1,

Розрахунковий тиск (напір), котрий як і подача, є параметром при доборі типорозміру вентилятора, визначають за сумою втрат тиску (напору) в повітропроводах та в установленому в них обладнанні. Накресливши схему вентиляційної мережі, розбивають її на ділянки таким чином, щоб швидкість руху повітря та розміри поперечного перерізу в межах кожної з них лишались постійними. Окремо враховують фасонні частини повітропроводів: повороти, звуження, розширення, відгалуження, засувки тощо. Обирають схему повітророздачі — рівномірну або зосереджену. При підрахунку втрат напору обов'язково враховують гідравлічний опір калориферів, теплообмінників та інших опалювальних пристроїв. При необхідності враховують також втрати динамічного напору на витікання струмини повітря через вихідний переріз вентиляційного трубопроводу з швидкістю v , м/с.

Втрати тиску визначають за формулою:

$$\Delta p = \sum_{i=1}^n R_i l_i + \sum_{j=1}^n z_j, \quad (1)$$

де R_i — питомі втрати тиску на тертя, Па/м; l — довжина розрахункової ділянки повітропровода, м; z_j — втрати тиску на місцевому опорі (фасонній частині), м; n — кількість розрахункових ділянок; j — кількість місцевих опорів.

Питомі втрати тиску на тертя на довжині 1 м розрахункової ділянки повітропроводу розраховують за формулою:

$$R_{rp} = \frac{\lambda_r}{2d_r} \frac{\rho v^2}{2}, \quad (2)$$

де λ_r — коефіцієнт тертя, що залежить від відносної шорсткості стінок повітропровода d/Δ та від критерію Рейнольдса, $Re = vd/\nu$, котрий визначає

режим руху повітря в повітропроводі; d_r — гідравлічний діаметр поперечного перерізу розрахункової ділянки повітропровода, м; Δ — еквівалентна шорсткість внутрішньої поверхні повітропровода, м; v — середня швидкість руху повітря на розрахунковій ділянці повітропровода, м/с; ν — кінематичний коефіцієнт в'язкості повітря, що рухається в повітропроводі, м²/с; ρ — густина повітря в повітропроводі, кг/м³.

Середню швидкість руху повітря v , м/с, на розрахунковій ділянці повітропровода визначають як відношення витрати повітря Q , м³/с, до площі поперечного перерізу ділянки S , м²:

$$v = Q/S. \quad (3)$$

Гідравлічний діаметр поперечного перерізу повітропровода d_r , м вираховують як відношення площі поперечного перерізу S , м², до довжини периметру Π , м, поперечного перерізу. Для повітропроводів круглого поперечного перерізу діаметром d гідравлічний діаметр $d_r = d/2$. Для повітропроводів прямокутного або іншого поперечного перерізу гідравлічний діаметр знаходять за формулою $d_r = S/\Pi$.

Коефіцієнт опору тертя $\lambda_{тр}$ обчислюють за формулою А. Д. Альтшуля, приймаючи еквівалентну шорсткість за табл. 10.3:

3. Абсолютна еквівалентна шорсткість повітропроводів, мм

Матеріал	Δ	Матеріал	Δ
Листова сталь	0,1	Шлакоалебастр	1,0
Вініпласт	0,1	Шлакобетон	4,5
Азбестоцемент	0,11	Цегла	4,0
Фанера	0,13	Штукатурка по металевій сітці	10

$$\lambda_{тр} = 0,11 \left(\frac{\Delta}{d_r} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25} \quad (4)$$

Втрати тиску на місцевих опорах визначають за формулою Вейсбаха:

$$Z = \xi \frac{\rho v^2}{2} \quad (5)$$

де ξ — коефіцієнт місцевого опору.

Значення коефіцієнта місцевих опорів |
повітропроводів вентиляційних систем

Коліно круглого поперечного перерізу 90°
1,1

Коліно прямокутного поперечного
перерізу 90° (b/a : 0,5; 1,0; 1,5; 2,0)
1,65; 1,10; 0,77; 0,53

Раптове розширення повітропровода
(A_1/A_2 : 0,1 0,3; 0,5; 0,7)
0,8; 0,5; 0,25; 0,1

Раптове звуження повітропроводу
 $(A_2/A_1; 0,1; 0,3; 0,5; 0,7)$
 $0,47; 0,38; 0,3; 0,2$

Витяжна шахта з зонтом 1,3
 Дефлектор циліндричний 1,0

Втрати тиску на витікання повітря через вихідний отвір повітропроводу з швидкістю $v_{\text{вих}}$ визначають за формулою:

$$\Delta p_{\text{вих}} = \frac{1}{\mu^2} \frac{\rho v_{\text{вих}}^2}{2}, \quad (6)$$

де μ — коефіцієнт витрати; ($\mu = 0,65$; для отворів з козирком ($\mu = 0,69$); $v_{\text{вих}} = 7 \dots 12$ м/с.

Характеристики вентиляторів у довідковій літературі подаються для так званих стандартних умов. Тому втрати тиску, обчислені, як правило, для умов, що відрізняються від стандартних, мають бути приведені до стандартних за формулою:

$$\Delta p_0 = \Delta p \frac{273 + t}{273 + t_0} \frac{B_0}{B}, \quad (7)$$

де Δp_0 — втрати тиску приведені до стандартних умов, Па; t — температура повітря в повітропроводі; °С; t_0 , B_0 — температура та барометричний тиск при стандартних умовах ($t_0 = 20^\circ\text{C}$; $B_0 = 0,1013$ МПа); B — барометричний тиск атмосферного повітря в місцевості, де експлуатується вентиляційна система, МПа.

Вентилятори підбирають за зведеними або індивідуальними характеристиками (рис. 2). На зведеному графіку $p-L$ характеристик вентиляторів знаходять точку, абсциса якої відповідає розрахунковій подачі, приведеної до стандартних умов, а ордината — розрахунковому тиску,веденому, також, до стандартних умов, а ордината — введеному також до стандартних умов.

Користуючись індивідуальною параметричною характеристикою вентилятора, обраною за зведеним графіком, знаходимо частоту обертання його робочого колеса, котра забезпечить розрахунковий тиск та подачу. При цьому прагнуть досягти якомога більшого значення ККД вентилятора η_v (не менше 0,9 максимального значення для обраного типорозміру);

Потужність на валу робочого колеса вентилятора N_B , Вт, розраховують за формулою:

$$N_B = \frac{L_0 P_0}{\eta_0}, \quad (8)$$

де L_0 , P_0 — відповідно подача, м³/с, та надлишковий тиск, Па, вентилятора, приведені до стандартних умов. Потужність на валу електродвигуна:

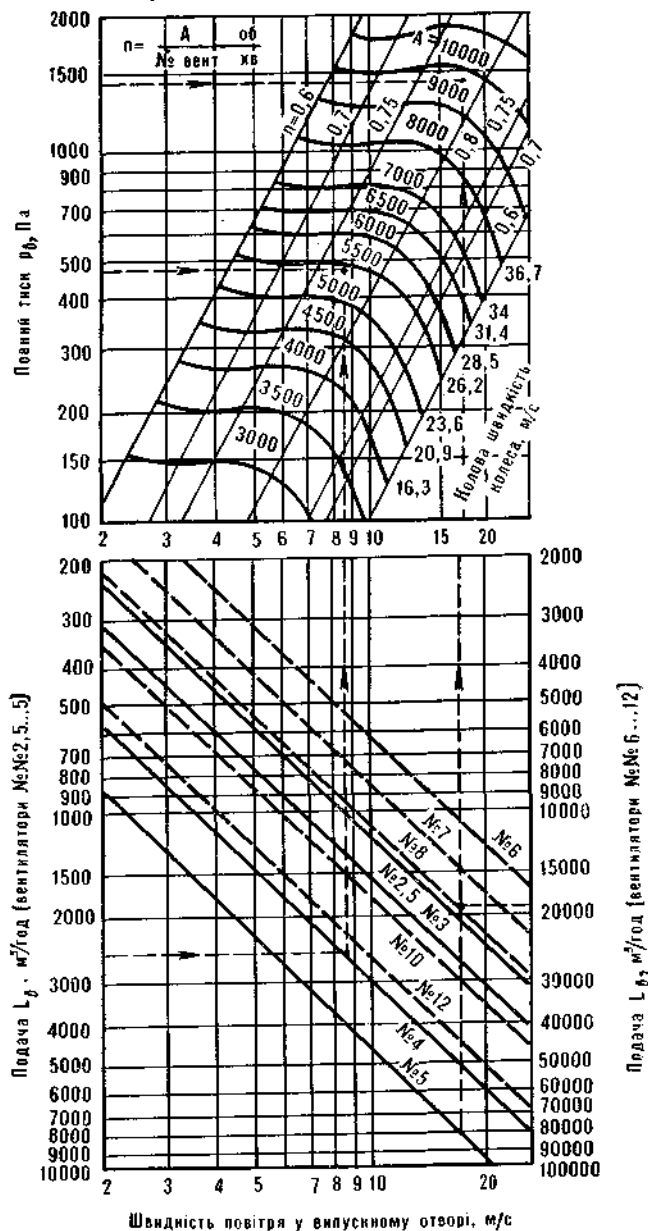
$$N_{\text{в.д.}} = N_B / \eta_{\text{п}} \quad (9)$$

де η_p — ККД передачі від електродвигуна до вентилятора (0,95 — для клинопасової; 0,98 — для з'єднання валів електродвигуна та вентилятора пружною муфтою).

Встановлену потужність електродвигуна визначають з врахуванням коефіцієнта запасу потужності K (табл. 10.4) за формулою:

$$N_e = KN_{в.е.} \quad (10)$$

Системи повітряного опалення, а також системи припливної вентиляції, суміщеної з повітряним опаленням, проектують з резервним вентилятором або вентиляційно-опалювальним агрегатом. Допускається установка двох і більше систем, об'єднаних одним повітропроводом. З резервним вентилятором необхідно проектувати системи місцевих витяжок, що видаляють шкідливі речовини 1 та 2 класів небезпечності з будь-яких



10.2. Характеристики відцентрового вентилятора

приміщень.

4. Коефіцієнт запасу потужності електродвигунів вентиляторів

Потужність на валу електродвигуна, кВт	Тип вентилятора	
	Радіальний	Осьовий
До 0,5	1,5	1,2
0,5...1,0	1,3	1,15
1,01...2,0	1,2	1,1
2,01...5,0	1,15	1,05
Більше 5,0	1,1	1,05

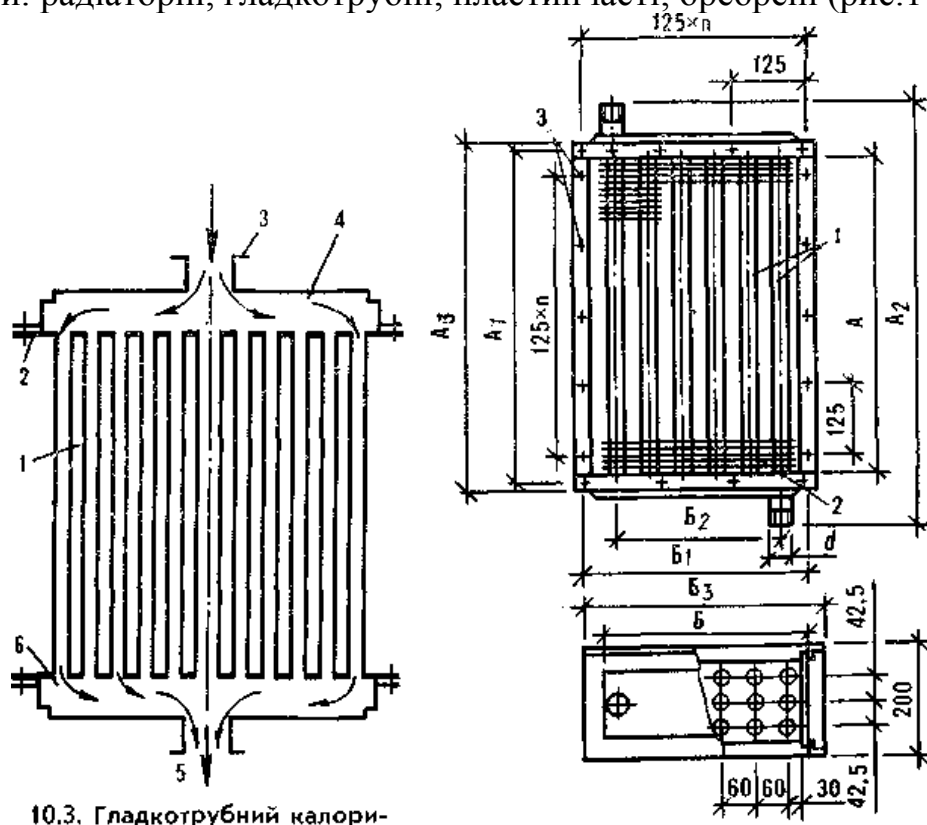
Системи місцевих відсосів шкідливих або гарячих газів проектують окремо від загальнообмінної витяжної вентиляції.

Калорифери.

Калорифери застосовують для нагріву повітря в системах вентиляції та повітряного обігріву.

Як гріюче середовище використовують гарячу воду або її пару, а також електричні нагрівники різних типів.

У конструктивному відношенні водяні та парові калорифери поділяють на типи: радіаторні, гладкотрубні; пластинчасті; оребрені (рис.11. 2).



10.3. Гладкотрубний калори-

2. Калорифер одноходовий пластинчастий:1

11 — нагрівні труби; 2 — трубні решітки; 3 — вхідний штуцер; 4 — розподільна коробка; 5 — вихідний штуцер; 6 — збірна коробка

11 — нагрівні труби; 2 — нагрівальні пластини; 3 — овальні отвори 9Х1,5

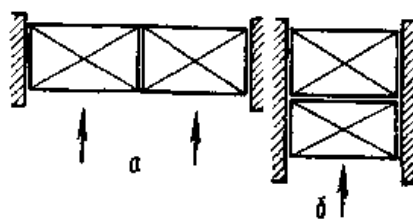
Калорифери, змонтовані з радіаторів, використовують для нагріву невеликих об'ємів повітря в системах самопливної вентиляції.

Гладкотрубні калорифери мають великий об'єм, низькі коефіцієнти теплопередачі гріючих поверхонь. У сільськогосподарському виробництві широко застосовують пластинчасті та оребрені калорифери, вони компактні, зручні при монтажу та обслуговуванні. Ці калорифери бувають середньої (С) та великої (В) потужності. Калорифери типу С мають по напрямку руху повітря три ряди труб, а калорифери типу В — чотири ряди. Калорифер одноходовим, якщо теплоносій рухається по всіх трубах паралельно і багатходовим — при послідовному русі теплоносія.

Для одноходових калориферів теплоносієм може бути як вода, так і пара з тиском до 0,8 МПа, а для багатходових — тільки вода.

Промисловість випускає сталеві одноходові пластинчасті калорифери КВБ, КФС, КЗПП — середньої потужності та КФБ, КЧПП — великої потужності; сталеві спірально-навивні одноходові калорифери КФСО — середньої та КФБО та КЧПС — великої потужності; сталеві спірально-навивні багатходові калорифери КНС, КЗБП — середньої та КНБ, КЧВТ — великої потужності. Калорифери КСКЗ-02ХПЗА (середня модель) та КСК4-02ХПЗА (велика модель) мають відповідно 3 та 4 ряди біметалевих трубок зі спірально-навивним оребренням. Ці калорифери працюють на воді температурою до 180 °С та тиском до 1,2 МПа. Виготовляють їх 7 типорозмірів (порядкові номери з 6 по 12). Калорифери з 6 по 10 типорозмір — шестиходові, аз 11 та 12 — чотириходові.

Випускаються також сталеві пластинчасті калорифери з плоскоовальними трубками типу STD-3009В (одноходові) та STD-3010В (багатходові), котрі працюють тільки на воді. Площа поверхні нагріву в них змінюється від 9,6 м² (№2) до 74,2 м² (№ 14). Схема компоновки калориферів може бути паралельною або послідовною (рис. 10.5).



3. Схема компоновки калорифера: а) паралельна; б) послідовна

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

Тема 5. Системи теплопостачання

План

5.1. Характеристика та вибір систем теплопостачання сільськогосподарських об'єктів.

5.2. Відкриті і закриті системи теплопостачання. Централізовані та децентралізовані системи.

5.1. Характеристика та вибір систем теплопостачання сільськогосподарських об'єктів.

Теплове споживання — це використання теплової енергії для різноманітних потреб.

Споживачів теплоти у сільському господарстві поділяють на дві групи: виробничі та комунально-побутові.

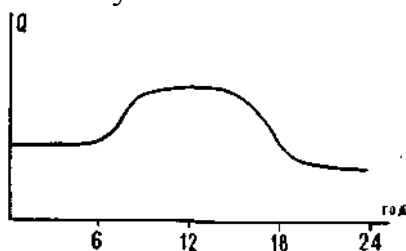
До виробничих споживачів теплоти відносяться: тваринницькі, рослинницькі, міжколгоспно-радгоспні підприємства, об'єкти загального виробничого призначення.

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

Згідно із призначенням споживачів теплоти поділяють на: опалювальні, вентиляційні, технологічні, гаряче водопостачання тощо.

Залежно від характеру зміни у часі теплові навантаження споживачів поділяють на сезонні та цілорічні.

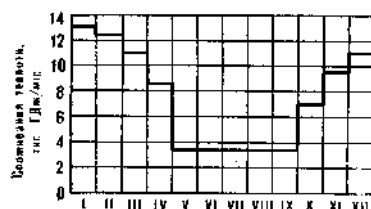
Сезонними споживачами теплоти є опалення, вентиляція та кондиціонування повітря. Основний вплив на величину і характер зміни сезонного теплового навантаження чинить температура зовнішнього повітря. Через невелику, як правило добову, зміну температури і значну акумулюючу здатність споруди, витрата теплоти протягом доби у сезонних споживачів змінюється відносно мало (рис. 1). Річний графік сезонних споживачів, навпаки, має різко перемінний характер: найбільша витрата теплоти у найхолодніші місяці (грудень, січень, лютий) і нульова витрата у літній період (рис. 2). Влітку теплота частково може бути використана для вироблення холоду в абсорбційних холодильних установках.



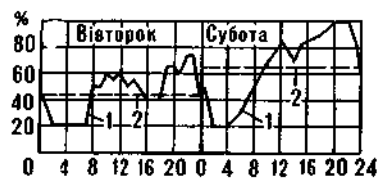
1. Добовий графік сезонного опалювального навантаження

До цілорічних відносять технологічні споживачі і гаряче водопостачання комунально-побутових споживачів. Деякі галузі

промисловості, зокрема пов'язані із переробкою сільськогосподарської продукції, мають сезонний характер.



11.2. Річний графік опалювального навантаження



11.3. Безрозмірний графік витрати теплоти на гаряче водопостачання:

1 — по годинам доби;
2 — середньодобовий

Рис.2. Річний графік сезонних споживачів.

Рис.3. Добовий графік витрати теплоти на гаряче водопостачання.

Технологічне навантаження і гаряче водопостачання мало залежать від зовнішньої температури. Проте річні графіки технологічного навантаження гарячого водопостачання певною мірою залежать від періоду року. Влітку теплове споживання менше, ніж узимку через більш високі температури, перероблюваної сировини, а також менші значення тепловтрат теплопроводів. Добовий графік тепло-споживання для технологічних потреб і гарячого водопостачання має перемінний характер. Приклади добових графіків витрати теплоти на гаряче водопостачання наведені на рис. 3.

2. Підбір котлів

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

Підбір котлів здійснюють за розрахунковою максимальною тепловою потужністю для зимового періоду:

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

де $\Phi_{\text{вст}}$ — сумарна теплова потужність всіх котлів, встановлених у котельні, кВт; $\Phi_{\text{п.з}}$ — сумарне теплопостачання взимку, кВт.

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

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

$$m = \frac{\dot{Q}_{\text{н}}}{\dot{Q}_e} \quad (2)$$

Теплову потужність парових котлів знаходять із виразу;

$$\Phi = 0,278(h_{\text{п}} - h_{\text{ж.в.}}) \quad (3)$$

де D — паропродуктивність, кг/год.

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

$$\Sigma A_k = \Phi_{\text{вст}} / (\Phi / A_k), \quad (4)$$

де Φ / A_k — питома теплове напруження поверхні нагріву котлів, кВт/м². Можна прийняти: для котлів КЧ-1 $\Phi / A_k = 12 \dots 14$, для котлів КЧ-2 — $13 \dots 14$, для котлів К.Ч-3 — $12 \dots 14$ кВт/м².

Для парових котлів високого тиску:

$$A_k = (1,1 \dots 1,2) D_{\text{р.н}} / (D / A_k). \quad (5)$$

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

Після вибору типу установки і підбору котлів складають теплову схему, на якій зображають основне та допоміжне обладнання, а також трубопроводи водяної пари, води та конденсату.

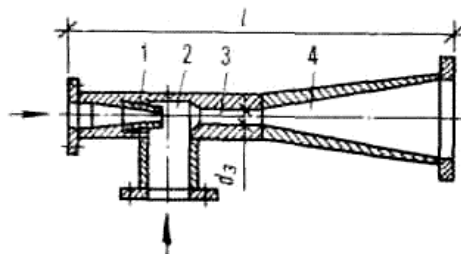
У теплових схемах водогрійних, а також виробничих парових установок застосовують одноконтурну схему (контур первинного носія). Для теплопостачання опалювально-виробничих споживачів від парових котлів передбачають двоконтурну схему. У вторинному контурі циркулює мережна вода, котра підігрівається у мережних теплообмінних апаратах парою, що виробляється у котлах.

5.2. Відкриті і закриті системи теплопостачання. Централізовані та децентралізовані системи.

При закритій системі теплопостачання, системи гарячого водопостачання приєднують до двотрубних теплових мереж через водопідігрівники.

Водопідігрівники залежно від співвідношення максимальної витрати теплоти на гаряче водопостачання $Q_{\text{г.в}}$ та максимальної годинної витрати теплоти на опалення Q_o (у центральному або індивідуальному тепловому пункті) приєднують таким чином:

при $Q_{\text{г.в}} / Q_o < 0,6$ — за двоступінчастою послідовною та змішаною схемами (рис. 20.5, г, д);



4. Елеватор:

1 — сопло; 2 — приймальна камера; 3 — змішувальна камера; 4 — дифузор

при $0,6 < Q_{г.в} / Q_o < 1,2$ — за двоступінчастою змішаною схемою (рис. 20.5, д);

при $(Q_{г.в} / Q_o > 1,2$ — за паралельною схемою (рис. 20.5, е). За цією ж схемою приєднуються дрібні споживачі з тепловим навантаженням 0,12 МВт (дитячі заклади, установи громадського харчування тощо). При теплопостачанні від котелень продуктивністю менше 35 МВт допускається приєднання до теплових мереж водонагрівників систем гарячого водопостачання за паралельною схемою незалежно від співвідношення теплових навантажень.

Системи гарячого водопостачання лазень, пралень, лікарень, як правило, обладнують акумуляторними баками. В установках повітряного опалення та припливної вентиляції калорифери, переважно, вмикають послідовно та обладнують автоматичними регуляторами, що забезпечують роботу установок у заданому режимі.

На теплових пунктах встановлюють таке обладнання: елеватори, відцентрові насоси, акумулятори гарячої води, водопідігрівники для систем гарячого водопостачання та опалення (при незалежних схемах приєднання систем опалення до теплових мереж), грязьовики, фільтри, запірну арматуру і прилади контролю, автоматичні регулятори.

У тих випадках, коли елеватор через великий перепад тисків у місцевій системі теплопостачання або через незначний перепад тисків у тепловому пункті не може забезпечити необхідний коефіцієнт змішування, встановлюють змішувальні насоси.

Елеватор (водоструминний насос) складається із сопла, приймальної та змішувальної камер і дифузора (рис. 4). За рахунок різниці опорів у подавальному та зворотному теплопроводах теплового пункту забезпечується збільшення швидкості води на виході із сопла, завдяки чому створюється інжекція (підсмоктування) зворотної води. Шляхом перемішування останньої з водою, що надходить із теплової мережі, одержують потрібне значення температури теплоносія перед опалювальною системою. Одночасно елеватор створює необхідний напір для подолання гідравлічного опору системи опалення.

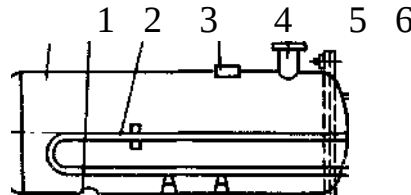
Відцентрові (змішувальні) насоси використовують замість елеваторів у тих випадках, коли перепади тиску у системі не забезпечують нормальної

роботи останніх, а також на теплових пунктах, розташованих на кінцевих ділянках теплових мереж. У сільському господарстві вони застосовування не знайшли.

Акумулятори гарячої води. Теплове навантаження споживачів, як правило, є різко перемінне. Для зниження початкових затрат на спорудження системи теплопостачання і поліпшення умов експлуатації застосовують різні методи вирівнювання навантаження абонентів шляхом акумулювання теплоти. Для цієї мети використовують як природну акумульовану здатність окремих елементів системи теплопостачання, так і спеціальні акумулятори теплоти. До перших відносять будівельні конструкції опалювальних споруд і трубопроводи теплових мереж, а до других — спеціальні теплові акумулятори. Звертатися до акумульованої здатності споруд для регулювання відпуску теплоти допускається лише у межах, при яких всередині опалювальних приміщень додержуються комфортні умови, тобто температура перебуває у рекомендованих значеннях (коливання температури від норми до 2 °С). Як спеціальні теплові акумулятори використовують ємкості або акумуляторні баки.

Водопідігрівні установки встановлюють на теплових пунктах водяних систем теплопостачання для підготовки теплоносія систем гарячого водопостачання та опалення. Водопідігрівники поділяють на пароводяні, в яких гріючим середовищем є пара, водоводяні, де гріючим середовищем служить вода. Крім того, водопідігрівники бувають ємкісні та швидкісні, вертикальні та горизонтальні, дво-і чотириходові.

У системах гарячого водопостачання невеликої потужності і з періодичним розбором використовують ємкісні водопідігрівники (рис.5). Гріюча пара надходить у змійовик 3 через верхній патрубок, а конденсат гріючої пари виходить із теплообмінника через нижній патрубок 7. Патрубки приварені до колекторів 8 змійовиків. Конденсат відпрацьованої пари виходить у конденсаційний бак і далі насосом подається у котел. Підігріта вода надходить через патрубок 2, рухається знизу вгору і виходить через патрубок 5.

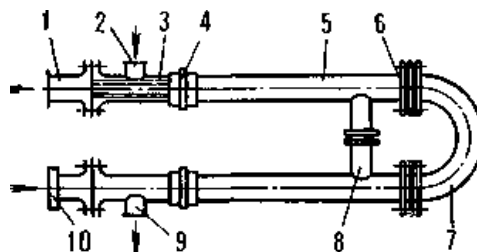


5. Ємкісний водопідігрівник:

1 — корпус; 2 — патрубок для води; 3 — змійовик; 4 — місце установлення запобіжного клапана; 5 — патрубок для виходу гарячої води; 6 — манометр; 7 — патрубок для входу пари і виходу конденсату

Водопідігрівник являє собою теплообмінник протитокового типу. Підігрівник має високу акумулюючу здатність за рахунок своєї великої ємкості.

У системах із великим і безперервним споживанням гарячої води, а також у системах опалення використовують швидкісні водопідігрівники (рис.6). Це пристрої протитокового типу одно- та багатосекційні. У циліндричному сталевому корпусі секції 5 знаходиться пучок латунних труб 3, що розвальцьовані у трубних решітках 6. Лінзовий компенсатор служить для сприймання температурних деформацій. У водоводяних підігрівниках досягаються досить високі значення коефіцієнтів теплопередачі, приблизно 1000..1500 Вт/(м²-К).



6. Швидкісний водонагрівник:

1 — патрубок для виходу нагрітої води; 2 — патрубок для входу гарячої води; 3 — латунні трубки; 4 — лінзовий компенсатор; 5 — корпус секції; 6 — трубна решітка; 7 — з'єднувальна секція; 8 — перепускний патрубок; 9 — патрубок для виходу гарячої води; 10 — патрубок для входу води, що нагрівається

Крім секційних підігрівників, останнім часом застосовують також пластинчасті теплообмінники. Їх переваги полягають у підвищенні інтенсивності теплопередачі та у компактності. Поверхня нагріву цих підігрівників складається із тонкостінних штампованих гофрованих пластин. Потік гарячої пари і води, що нагрівається, проходить через теплообмінник з обох боків пластини.

У системах теплопостачання застосовують підігрівники води поверхневого та змішувального типів.

Пароводяні та водоводяні поверхневі підігрівники являють собою циліндричну посудину із кришкою та трубною решіткою, в яку ввальцьовані латунні або сталеві трубки. На практиці застосовують вертикальні та горизонтальні мережні пароводяні підігрівники.

Підігрівники змішувального типу використовують для деаерації води. У теплофікаційних установках застосовують два типи підігрівників: плівковий та струминний.

Конденсатозбиральні установки складаються із конденсатовідвідників, збірників конденсату і конденсатних насосів.

Конденсат із пароводяного підігрівника відводиться, конденсатозбірник, звідки відкачується насосом. Рівень конденсату у конденсатозбірнику підтримується регулятором.

Грязьовики встановлюють у теплових пунктах на гарячих теплопроводах для захисту систем опалення від сторонніх частинок, що потрапили під час ремонтів та експлуатації. Принцип дії грязьовика

грунтується на різкому зниженні швидкості руху води. Завдяки цьому механічні частинки осідають на дні корпусу змішувача.

Захист від корозії, шламу та накипу
місцевих систем гарячого водопостачання.

При відкритих системах теплого постачання місцями аерації звичайно бувають відкриті конденсатозбірники. У місцеві установки цих систем їй" винна надходити пом'якшена деаерована вода, і тому ІІІІ не потребують захисту від корозії та накипу.

У закритих системах теплопостачання вода надходить із водопроводу, тому слід вжити заходів проти корозії та зашламування.

У сільськогосподарському виробництві при спорудженні ні установок гарячого водопостачання не враховують вимоги до антикорозійної стійкості. Тому доцільно теплові пункти оснащати установками для обробки води і зниження її корозійної активності. Існує кілька типів таких установок: фільтри, в яких гази, розчинені у воді, зв'язуються із призначеним для цього абсорбентом; дозатори, за допомогою яких у воду вводиться реагент, що зв'язує кисень, деаератори.

Найширше застосовуються фільтри. Установка складається із двох послідовно включених фільтрів — сталевостружкового і кварцевого або мармурового. Після підігрівника гарячого водопостачання вода надходить у перший фільтр, в якому кисень поглинається сталюю стружкою. Потім вода проходить через фільтр із мармуровим дрібняком або кварцем, де затримуються пластівці іржі. Якщо другий фільтр заповнений мармуровим дрібняком, то останній поглинає із води розчинений вуглекислий газ. Фільтри промиваються водопровідною водою.

Запірна арматура — це засувки, вентиля, поворотні клапани і крани. На теплових пунктах засувки застосовують при тиску до 1 МПа. Для поворотних кранів, що встановлюють як на горизонтальних, так і на вертикальних трубопроводах, граничний робочий тиск 1,6 МПа.

Крім того, теплові пункти обладнують контрольно-вимірними приладами.

Тема 6. Якісна та економічна робота системи теплопостачання

План

6.1. Регулювання теплового навантаження: центральне, місцеве, індивідуальне.

6.2. Якісне та кількісне регулювання по опалювальному навантаженні на основі температурних графіків.

6.1. Регулювання теплового навантаження: центральне, місцеве, індивідуальне.

Теплове навантаження протягом опалювального сезону змінюється. Тому для підтримки

необхідного теплового режиму теплове навантаження необхідно

регулювати.

Розрізняють центральне, групове, місцеве й індивідуальне регулювання.

Центральне регулювання здійснюється на ТЕЦ і котельних.

Групове - на групових теплових підстанціях.

Місьцеве - на місцевих теплових підстанціях.

Індивідуальне - безпосередньо у абонентів.

Способи регулювання теплового навантаження систем теплопостачання.

Ефективність традиційних технологій вироблення теплоти на ТЕЦ в останні роки істотно знизилася. У вітчизняних системах теплопостачання майже повсюдно порушуються основні принципи якісного регулювання, не працює колишня структура відпуску теплоти. Це обумовлено цілою низкою причин, про які неодноразово йшлося в роботах . На тлі зниження ефективності централізованого теплопостачання істотно підвищилася привабливість децентралізованих систем теплопостачання.

Склалася ситуація, коли термодинамічно більш ефективні централізовані системи через нераціональну технічну та збутову політику керівництва енергетичних компаній не можуть конкурувати з децентралізованими системами. Нерідкі випадки, коли споживачам для підключення до централізованої системи теплопостачання керівництво енергетичних компаній видає нездійсненні технічні умови. Часто споживачі добровільно відключаються від централізованих систем теплопостачання. У більшості випадків децентралізовані системи застосовуються для відходу від централізованого теплопостачання, а не в результаті техніко-економічного порівняння різних систем.

В даний час необхідно повністю переглянути концепцію вітчизняного теплопостачання. Змінилася структура відпуску теплоти на увазі застосування нових більш економічних технологій в системах теплопостачання. Одним з перспективних напрямків розвитку вітчизняного теплопостачання є вдосконалення технологій регулювання теплового навантаження шляхом переходу до низькотемпературного теплопостачання, кількісним і якісно-кількісним регулюванням.

Методи центрального регулювання були розроблені з урахуванням технічних і технологічних можливостей першої половини ХХ століття, які зазнали значних змін.

При коригуванні принципів регулювання теплового навантаження можливе часткове використання зарубіжного досвіду щодо застосування інших методів регулювання, зокрема, кількісного регулювання.

Перехід систем теплопостачання на кількісне і якісно-кількісне регулювання теплового навантаження є, як показує досвід зарубіжних країн, ефективним енергозберігаючим заходом .

6.2. Якісне та кількісне регулювання по опалювальному навантаженні на основі температурних графіків.

Споживання теплоти у сільському господарстві має ряд особливостей, якими визначається вибір системи теплопостачання. Це, по-перше, відносно невелика теплова потужність споживачів, що як правило не перевищує 10 МВт (для великих сільськогосподарських комплексів і населених пунктів навантаження може досягти 35 МВт і більше); по-друге, це низька одинична концентрація споживачів теплоти; по-третє, низька щільність забудови у сільських населених пунктах, а отже, розосередженість споживачів.

Залежно від розміщення і потужності джерела системи теплопостачання поділяють на централізовані та децентралізовані.

Централізоване теплопостачання провадиться від великих опалювально-виробничих або опалювальних котельних установок, що обслуговують кілька груп будівель або споживачів, а також від теплоелектроцентралей (ТЕЦ).

Децентралізоване теплопостачання провадять від місцевих та індивідуальних джерел теплоти (невеликих котельних установок, теплогенераторів, газових та електричних водонагрівників, опалювальних печей).

Розрахунки свідчать, що при довжині теплових мереж понад 0,5...0,6 км у сільських умовах економічно доцільно застосовувати місцеві джерела теплопостачання.

Системи теплопостачання можуть бути відкритими та закритими.

У відкритих системах вода, що циркулює у тепловій мережі, частково або повністю відбирається для гарячого водопостачання.

У закритих системах вода або пара, що циркулюють у тепловій мережі, із мережі не відбираються. Вони служать теплоносієм для підігріву води у теплообміннику.

Як водяні, так і парові системи поділяють на одно-, дво- та багатотрубні. Однотрубні (розімкнені) системи найекономічніші. Однотрубна водяна система доцільна у тих випадках, коли середньогодинна витрата мережі води на опалення і гаряче водопостачання збігається із середньогодинною витратою води, що йде на гаряче водопостачання.

Однотрубні парові системи можуть бути як із поверненням, так і без повернення конденсату. Для повернення конденсату потрібне спорудження конденсатопроводів, конденсатних баків і встановлення конденсатних насосів.

Двотрубну систему застосовують у тих випадках, коли споживачам потрібне тепло приблизно одного потенціалу. У сільськогосподарських підприємствах, де наявний технологічний споживач високого потенціалу, застосовують тритрубні водяні мережі. У тритрубних системах дві труби є подавальними, одна — для повернення конденсату.

Якісне регулювання.

Існуючі способи регулювання відпуску теплоти поділяють на якісні, кількісні та змішані — якісно-кількісні. **Якісне регулювання** передбачає зміну температури води в під-відному трубопроводі. **Кількісний спосіб** регулювання полягає в зміні витрати води в підвідному трубопроводі. Якісно-кількісний спосіб об'єднує як регулювання температури, так і регулювання витрати води в підвідному трубопроводі.

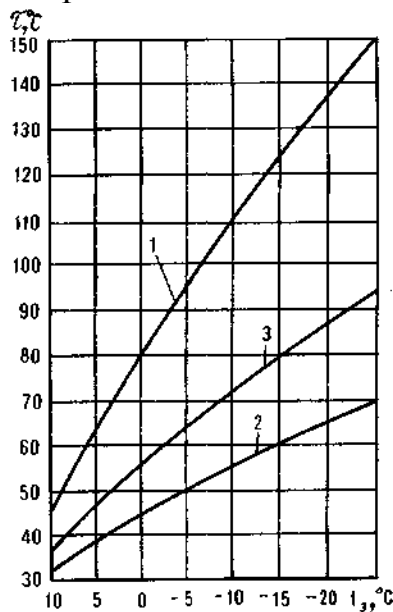


Рис. 1. Графіки температур води при якісному регулюванні відпуску теплоти за опалювальним навантаженням (розрахункова температура повітря — t — $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$): 1, 2, 3 — відповідно температура води в подавальному, зворотному трубопроводах та температура змішаної води; t_w — температура води, $^{\circ}\text{C}$; t_z — температура зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$

Згідно із СНиП 2.04.07-86 для водяних теплових мереж необхідно, як правило, застосовувати якісне регулювання відпуску теплоти по опалювальному навантаженню або по суміщеному навантаженню опалення та гарячого водопостачання залежно від температури зовнішнього повітря.

Якщо тепловантаження від житлово-комунальних споживачів складає менше 65 % сумарного навантаження, а частка середнього навантаження гарячого водопостачання — менше 15% розрахункового навантаження опалення, передбачають регулювання по навантаженню опалення.

Графіки залежності температури води від температури зовнішнього повітря (в наведеному прикладі розрахункова температура зовнішнього повітря мінус $25\text{ }^{\circ}\text{C}$) для опалювального навантаження наведені на рис. 20.9.

Для житлових та громадських будівель передбачають автоматизацію систем відпуску теплоти від теплоджерела до споживача.

Перевага: стабільний гідравлічний режим теплових мереж.

Недоліки:

- низька надійність джерел пікової теплової потужності;
- необхідність застосування дорогих методів обробки

підживлювальної води тепломережі при високих температурах теплоносія;

- підвищений температурний графік для компенсації відбору води на ГВП і пов'язане з цим зниження вироблення електроенергії на тепловому споживанні;

- велике транспортне запізнювання (теплова інерційність) регулювання теплового навантаження системи тепlopостачання;

- висока інтенсивність корозії трубопроводів через роботи системи тепlopостачання більшу частину опалювального періоду з температурами теплоносія 60-85 ОС;

- коливання температури внутрішнього повітря, зумовлені впливом навантаження ГВП на роботу систем опалення та різним співвідношенням навантажень ГВП та опалення у абонентів;

- зниження якості тепlopостачання при регулюванні температури теплоносія по середній за кілька годин температурі зовнішнього повітря, що призводить до коливань температури внутрішнього повітря;

- при змінній температурі мережної води істотно ускладнюється експлуатація компенсаторів.

Тема 7. Тепlopостачання в тваринництві та птахівництві.

План

7.1. Тепловий режим систем опалення та вентиляції.

7.2. Особливості розрахунку опалювально-вентиляційних систем. Вибір устаткування для систем вентиляції і опалення.

7.3. Споживання теплоти на технологічні потреби.

7.1. Тепловий режим систем опалення та вентиляції.

В завданні на проектування повинні бути наступні дані: місце розташування об'єкта проектування, вид і параметри теплоносія, планування й розрізи будинку, його орієнтація щодо сторін світла, конструктивні характеристики зовнішніх огорожень, вид і число голів тварин (птаха), основні відомості про технологічний процес.

До складу розрахунково-пояснювальної записки рекомендується включити наступні розділи: вибір розрахункових параметрів зовнішнього й внутрішнього повітря; розрахунки тепловтрат через зовнішні огороження; розрахунки тепло-повітряного режиму приміщень; розрахунки повітрообміну; вибір систем опалення й вентиляції; аеродинамічний розрахунок системи повітряпроводів; розрахунки й добір основного встаткування опалення й вентиляції.

Розрахункові параметри зовнішнього повітря ухвалюють для заданого місця розташування об'єкта по Сніп 2.01.01-82 "Будівельна кліматологія й геофізика", Сніп 2.04.05-86 "Опалення, вентиляція й кондиціювання повітря".

Розрахункові параметри внутрішнього повітря дані в загальносоюзних нормах технологічного проектування ОНТП 1-89, ОНТП 2-85 і ОНТП 4-88.

Відомості про параметри [мікроклімату](#) у тваринницьких приміщеннях і прийняті параметри внутрішнього повітря слід записати в таблицю, у якій указують номер приміщення, температуру й відносну вологість внутрішнього повітря для трьох періодів року, гранично припустимі концентрації вуглекислого газу, аміаку й сірководню. Розрахункову температуру внутрішнього повітря в перехідний період року рекомендується ухвалювати не нижче 15 °С; відносну вологість внутрішнього повітря в холодний період року - рівну максимально припустимому значенню, а для перехідного й теплого періоду року записують припустимий інтервал її значень. Дійсні значення відносної вологості будуть визначені в процесі розрахунків повітрообміну.

7.2. Особливості розрахунку опалювально-вентиляційних систем. Вибір устаткування для систем вентиляції і опалення.

Основними споживачами теплової енергії є промислові підприємства і житлово-комунальне господарство. Централізована система теплозабезпечення включає в себе джерело теплоти (опалювальна котельня чи теплоелектроцентрально), трубопроводи для транспорту теплоти (парова або водяна тепла мережа) і установки споживачів, які використовують теплоту для технологічних чи побутових потреб. Технологічні споживачі, як правило, є круглорічними і мають переважно стабільний добовий графік. До побутових споживачів теплоти відносяться опалення, вентиляція і гаряче водозабезпечення. Споживання теплоти на потреби опалення і вентиляції має сезонний характер. В житлових і громадських приміщеннях температура поверхні опалювальних приладів не повинна перевищувати 95°C, а температура води в системі гарячого водозабезпечення повинна бути не нижче 50-60°C і не вище 70°C.

Опалення здійснюється в холодний період року на протязі опалювального сезону. Початок опалювального сезону визначається зниженням середньодобової температури повітря на вулиці нижче +8°C на протязі 3 діб підряд. Аналогічно визначається і завершення опалювального сезону, лише береться до уваги підвищення зовнішньої температури. Згідно санітарно-гігієнічних норм температура всередині житлових приміщень $t_{\text{в}}$ повинна підтримуватися на рівні +18°C; в школах, дитячих садках, поліклініках і лікарнях +20°C; в громадських приміщеннях +16°C.

У цьому розділі необхідно розрахувати необхідні санітарно-гігієнічним нормам термічні опори теплопередачі для зовнішніх стін, покриттів і горищних перекриттів.

$$\Delta t^{\text{н}} = t_{\text{в}} - t_{\text{р}};$$

Нормативний температурний перепад між внутрішнім повітрям і внутрішньою поверхнею зовнішніх огорожень визначають: для зовнішніх стін для покриттів і горищних перекриттів

$$\Delta t^{\text{н}} = 0,8(t_{\text{в}} - t_{\text{р}}),$$

де $t_{\text{р}}$ — температура точки роси при розрахункових параметрах внутрішнього повітря, °С.

Потім розраховують термічні опори [теплопередачі](#) для зовнішніх стін, покриттів, горищних перекриттів, воріт і зовнішніх дверей по заданих конструктивних характеристиках зовнішніх огорожень і певним теплофізичним характеристикам будівельних матеріалів. При відсутності необхідних конструктивних характеристик термічні опори теплопередачі для зовнішніх стін, покриттів, горищних перекриттів повинні бути на 30 % більше необхідні по санітарно - гігієнічних нормах. У цьому випадку зовнішні огороження слід прийняти середнього ступеня інерційності, а термічні опори вікон і зон підлоги - рівними нормативним значенням. При наявності утеплюючого шару, до конструкції підлоги вводять поправки при розрахунках термічних опорів теплопередачі для зон підлоги.

Після визначення геометричних розмірів і площ зовнішніх, що огорожують конструкцій розраховують тепловтрати через зовнішні огороження з використанням табличної форми (спеціальної відомості) для запису результатів розрахунків.

Режими тваринницьких приміщень розраховують окремо для холодного, перехідного й теплого періодів року. У приміщеннях утримання молодняку розрахунки проводяться в годівницях, підстилки, вертикальних стінок гнійового лотка, ділянок підлоги поблизу гнійових лотків і т.п.

Поверхнева щільність потоку вологи, що випаровується, залежить температури й відносної вологості внутрішнього повітря й становить 10...30 г/(м² • год). У тваринницьких приміщеннях допускається враховувати додаткові виділення вологи в холодний і перехідний періоди в розмірі 10 %, а в теплий період - 20 %. У птахівницьких приміщеннях додаткові виділення вологи, г/год, розраховують із урахуванням усушки калу:

$$W_{\text{д}} = 0,05W_{\text{ж}} + \frac{npz}{24i},$$

де W — вологовиділення птахом, г/год; p — число голів; r — маса калу, виділювана одним птахом за 1 добу, г; z — частка усушки калу за першу добу (для калу від курей і індичок 0,7; від качок 0,74); i — число збирань калу в добу: при утриманні на підлозі $i = 1$; при клітковому утриманні залежно від прийнятої технології $i = 1...4$.

1. Вихід калу за добу від одного птаха, г

Вік птаха	Кури напрямку		Індички	Качки
	яєчного	м'ясного		
Тижд.				
1...4	24			
5...9	97	-	—	—
1...9	—	140	220	230
10...20	176	184	-	210

10...17	-	-	364	-
21...26	—	288	-	234.
Дорослі	175...190	275...300	450	420

Теплові надходження від сонячної радіації розраховують для теплого періоду року при температурі зовнішнього повітря вище 10 °С. При цьому враховують теплові надходження через перекриття й скло однієї зі стін, де спостерігається найбільший нагрів.

При розрахунках теплоти, що надходить від сонячної радіації у тваринницькі приміщення, допускається використовувати спрощену методику.

У безвіконних тваринницьких приміщеннях враховують теплоту від системи освітлення. Потужність ламп, що доводиться на одиницю площі підлоги, ухвалюють рівної 5 Вт/м².

Тепловий режим тваринницьких приміщень установлюється в результаті процесів тепло-, волого- і повітрообміну, що відбуваються як усередині приміщення, так і через зовнішні будівельні огороження. На формування режиму суттєво впливає перевищення надходжень над тепловтратами.

Після розрахунків теплонадходження у тваринницьке приміщення визначають теплову потужність надлишків, кВт:

для холодного періоду року

$$\Phi_{\text{изб}} = \Phi_o + \Phi_{\text{осв}} - \Phi_{\text{тп}},$$

$\Phi_{\text{осв}}$ - теплова потужність тепло надходження від системи освітлення, кВт;

$\Phi_{\text{тп}}$ —потужність тепловтрат через зовнішні огороження, кВт;

для перехідного періоду року

$$\Phi_{\text{изб}} = \Phi_o + \Phi_{\text{осв}} - \Phi_{\text{тп}}^{\text{п}},$$

де $\Phi_{\text{тп}}$ — теплова потужність тепловтрат через зовнішні огороження в перехідний період року, кВт;

$$\Phi_{\text{тп}}^{\text{п}} = \Phi_{\text{тп}} \frac{t_{\text{в}}^{\text{п}} - t_{\text{н}}^{\text{п}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}},$$

$t_{\text{в.тп.п}}$ - розрахункові температури внутрішнього й зовнішнього повітря в перехідний період, °С;

$t_{\text{в.тп}}$ — розрахункові температури внутрішнього й зовнішнього повітря в холодний період, °С;

для теплого періоду року

$$\Phi_{\text{изб}} = \Phi_o + \Phi_{\text{осв}} + \Phi_{\text{с.р}},$$

де $\Phi_{\text{с.р.}}$ —тепло надходження від сонячної радіації, кВт.

Потім розраховують кутовий коефіцієнт для трьох періодів року, кДж/кг:

$$\epsilon = 3600 (\Phi_{\text{изб}}/W),$$

W — сумарні виділення вологи в приміщенні, кг/ч.

Кутовий коефіцієнт характеризує зміну стану повітря при вентиляції приміщень, в яких виділяються теплота і волога. Від'ємне значення кутового

коефіцієнта відповідає таким процесам зміни стану повітря, при яких витрати теплоти в приміщенні перевищують теплонадходження.

Системи вентиляції повинні забезпечувати необхідний повітрообмін в холодний, перехідний і теплий періоди року. Витрата вентиляційного повітря визначають для кожного з трьох періодів року. У приміщеннях для вирощування молодняку його розраховують для холодного періоду року для молодшої й старшої вікових груп, а для теплового й перехідного періодів - тільки для старшої.

Витрата вентиляційного повітря L , м³/рік, у холодний період року розраховують виходячи з умов видалення:

водяної пари

$$L = W / [p (d_v - d_n)],$$

Де W — сумарні виділення вологи усередині приміщення, г/год; p — щільність повітря, кг/м³ (1,2 кг/м³); d_v — вологовміст внутрішнього повітря, г/кг; d_n — вологовміст зовнішнього повітря, г/кг;

вуглекислого газу

$$L = V_{CO_2} / (c_v - c_n),$$

де V_{CO_2} — витрата вуглекислого газу, виділюваного тваринами усередині приміщення, л/год; c_v — гранично припустима концентрація вуглекислого газу усередині приміщення, л/м³; c_n — концентрація вуглекислого газу в приточному (зовнішньому) повітрі, л/м³ (0,3...0,5 л/м³).

Із двох витрат вентиляційного повітря приймають найбільший. Після цього визначають витрату повітря, що доводиться на 1 кг живої маси тварин, м³/рік:

$$l_v = L / m,$$

де m — жива маса всіх тварин (птахів), що втримуються в приміщенні, кг.

Якщо отримане значення менше норми рекомендованого повітрообміну в холодний період року (табл. 2), то витрату вентиляційного повітря слід розрахувати, використовуючи цю норму повітрообміну й загальну живу масу тварин:

$$L = l_n m,$$

де l_n — мінімальний повітрообмін по нормах, м³/ч.

2. Норми мінімального повітрообміну на 1 кг живої маси, м³/рік

Тварини й птиця	Холодний період	Теплий період
Велика рогата худорби	0,15	0,70
Молодняк КРС (молодше 6 мес)	0,18	1,0
Свиноматки, поросята	0,30	0,70
Свині на відгодівлі	0,30	0,60
Кури яєчних порід (у клітках)	0,70	4,0
Кури м'ясних порід	0,75	5,0

(напольное зміст)		
Індички	0,60	4,0
Качки, гусаки	0,70	5,0
Бройлери	0,70...1,0	5,0
Курчата	0,75...1,0	5,5
Індюшата	0,65...1,0	5,0

Таким чином, розрахований повітрообмін виявляється достатнім і для видалення із приміщень інших шкідливих виділень: сірководню, аміаку й пилу.

Тепловологісний режим тваринницьких приміщень у перехідний і теплий періоди характеризується наявністю надлишкової теплоти, тому що в ці періоди тепловиділення перевищують тепловтрати приміщень. Витрату вентиляційного повітря розраховують із умови одночасного видалення надлишкової теплоти і вологи. Зміна стану повітря визначається кутовим коефіцієнтом ϵ .

Повітрообмін може бути розрахований по діаграмі вологого повітря (графоаналітичний метод). На діаграму (мал. 1) наносять точку стану приточного повітря й проводять через неї лінію процесу з кутом нахилу, відповідним до кутового коефіцієнта ϵ . Крапка перетинання лінії з ізотермою при прийнятій внутрішньої температури дозволяє встановити вологовміст і відносну вологість повітря усередині приміщень.

Поділки із вказівкою кутового коефіцієнта ϵ , кДж/кг, нанесені по границям діаграми вологого повітря. Щоб знайти напрямок променя процесу, необхідний поділку із відповідним кутовим коефіцієнтом з'єднати з початком відліку (із крапкою, у якій $d = 0$, $H=0$). Лінії процесу із заданим кутовим коефіцієнтом паралельні лініям, побудованим зазначеним чином.

Для підвищення точності розрахунків слід визначити вологовміст внутрішнього повітря як

$$d_n = d_n + 1020 \frac{t_n - t_n}{\epsilon - 2500},$$

Де t_n, t_n — розрахункові температури внутрішнього й зовнішнього повітря в розглянутий період року, °С.

Відносна вологість внутрішнього повітря повинна бути в допустимому інтервалі її значень. Для виконання цієї умови необхідно в деяких випадках зменшити розрахункову температуру внутрішнього повітря, що приведе до збільшення необхідного повітрообміну.

При $\epsilon \gg 2500$ кДж/кг температуру внутрішнього повітря ухвалюють рівній температурі зовнішнього повітря. Вологовміст внутрішнього повітря визначають при максимально допустимій відносній вологості.

Витрату вентиляційного повітря в перехідний і теплий періоди розраховують по рівнянню, використовуючи вологовиділення в приміщеннях і вологовміст внутрішнього й зовнішнього повітря в зазначені періоди року.

Витрату вентиляційного повітря в перехідний період ухвалюють рівною розрахунковій, але не менше його значення для холодного періоду року. Для теплого періоду витрата вентиляційного повітря, що

доводиться на 1 кг живої маси, визначають по рівнянню і її величину порівнюють із нормами.

7.3. Споживання теплоти на технологічні потреби.

Технічні засоби для теплової обробки кормів у присадибних та фермерських господарствах випускаються двох типів - працюють на твердому паливі і на електроенергії. Тверде паливо (дрова, вугілля, торф, брикети) - традиційний і найбільш доступний вид палива. Тому кормовароч-ні котли і кормозапарника, що працюють на ньому, користуються широким попитом.

При варінні і запарюванні кормів термічно обробляються різні кормові матеріали та їх суміші, харчові відходи. Така обробка дозволяє підвищити поживну цінність кормів, знищити цвіль мікрофлору. Варильні котли та кормозапарника підбирають по ємності кормового бака з розрахунку однієї дачі корми тваринам після термообробки (варений або запарений корм швидко псується і тривалому зберіганню не підлягає). При тепловій обробці кормів використовується гаряча вода.

Корнеклубнеплоди, харчові відходи та інші види кормів після теплової обробки необхідно, як правило, м'яти і змішувати з іншими кормовими компонентами або добавками.

Варильні котли та кормозапарника на твердому паливі. Для термообробки кормів за рахунок енергії твердого палива випускаються призначені для використання в присадибних та фермерських господарствах кормоварочний котел КВТ-60, запарник корнеклубнеплодов ЗК-Ф-40 (їх можна використовувати і для підігріву води), кормозапарника КЗ-1.

Котел кормоварочний КВТ-60 випускається серійно з 1981 р. і користується у населення підвищеним попитом. Складається з двох частин: нижньої основи 2 (рис. 129, а) і верхньої - у вигляді кожуха 4 із вмонтованим у нього кормовим баком 3.

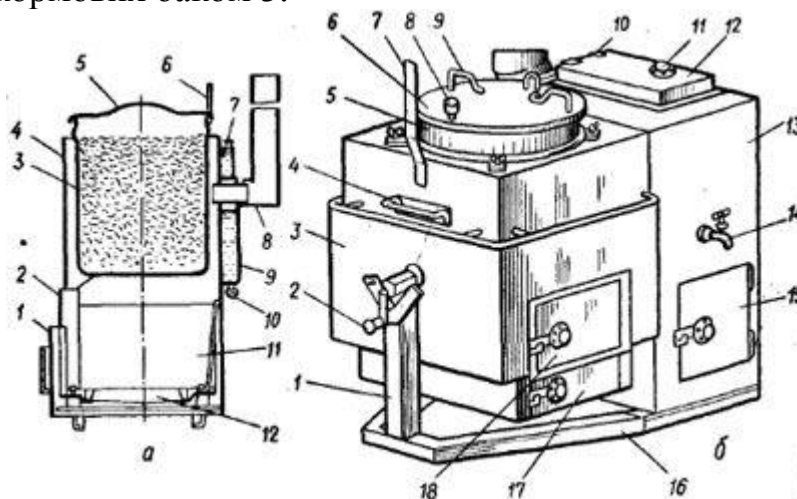


Рис. 1. Варильний котел (а) і запарник корнебульбоплодів (б):

а-котел кормоварочний КВТ-60 (розріз): 1 - дверці топки; 2 - підстава котла; 3 - кормовий бак; 4 - кожух; 5 - кришка; 6 - ручка; 7 - пробка; 8 - труба; 9 - бачок для води; 10 - спускний кран; 11-топка; 12-колосникові ґрати; б -

запарник корнебульбоплодів ЗК-Ф-40-1 - опорна стійка; 2 - рукоятка з фіксатором, 3 - котел; 4 - скоба; 5 - ємність котла; 6 - кришка котла; 7 - рукоятка; 8, 11-притискні гвинти; 9 - скоба; 10-петля; 12-кришка водогрійного бака; 13 - водонагрівальний бак; 14 - кран; 15 - дверцята топки бака; 16 - рама; 17 - дверцята піддувала; 18 - дверцята топки котла

У нижній частині встановлена решітка, завдяки цьому топка котла пристосована для спалювання твердого палива. Для найбільш повного підігрівання топковими | газами зовнішньої сторони кормового бака і для попередження прогорання його стінок, топка оснащена подвійними стінками-обмежувачами її полум'я, а задня стінка у верхній частині додатково обладнана водяним бачком 9, що забезпечує пожежну безпеку і довговічність котла.

Верхня частина з вмонтованим у неї кормовим баком закріплюється на нижньому підставі спеціальними шарнірними опорами. На них верхня частина котла обертається за ручку 6, і корм вивантажується в кормовий бак. Кут перекидання верхньої частини котла не менше 95%. Котел можна також використовувати для нагрівання води, стерилізації продуктів при консервуванні.

Встановлюють котел в належному місці з дотриманням техніки безпеки. Якщо дверцята топки прилягають нещільно, її регулюють горизонтальним переміщенням замку і подальшим затягуванням фіксуючих болтів і гайок.

При експлуатації котла дотримуються наступного порядку роботи: заповнюють бачок водою, а кормовий бак кормом; очищають від попелу простір під колосниковими ґратами; розтоплюють котел. Для підтримки рівномірного горіння закладають паливо невеликими порціями, не залишаючи надовго відкритої дверці топки, по мірі готовності корму зменшують або зовсім припиняють подачу палива в топку. Для спорожнення кормового бака перекидають за допомогою рукоятки верхню частину котла, вивантажуючи його вміст в підставлену ємність. Миють кормовий бак гарячою водою з крана 10.

Кормовий бак зроблений з харчового алюмінію, його місткість 75 л. Ємність водяного бачка 14 л. Габарити котла 850X540X ХІ060 мм, маса (без колосника) не більше 100 кг.

Запарник корнебульбоплодів ЗК-Ф-40 (рис. 1) прямокутної форми, призначений для гарячого приготування корму тваринам і нагрівання води для господарських потреб в присадибних та фермерських господарствах. Котел 3 для приготування кормів і бак 13 для нагрівання води змонтовані на рамі 16 і мають окремі топки 18 і 15. Для зручності переміщення запарника до нього приварена скоба 4. Кришка котла 6 знімна, забезпечена скобами 9, щоб брати її двома руками, і в робочому положенні щільно притискається до котла гвинтом 8. У кришці вмонтовано запобіжний клапан. Котел можна повертати за рукоятку 7 на опорній стійці 1 і фіксувати в необхідному положенні за

допомогою рукоятки з фіксатором 2. Піддувало закривається дверцями 17 і періодично очищається від золи.

Водонагрівальний бак з'єднаний з рамою жорстко. Його кришка 12 встановлена на петлях 10 і в закритому положенні фіксується гвинтом 11. Гарячу воду беруть із крана 14. Кормозапарник КЗ-1 застосовується в основному для теплової обробки коренебульбоплодів. Дверцята 15 (рис. 2) закривають вікно в бічній поверхні циліндра топки 16, в яку вставлена колосниковий решітка 2. Витяжна труба 4 встановлюється нижнім коліном на горизонтальному патрубці топки. Два кронштейна 13 із шарнірними пальцями 12 з'єднують циліндр топки і поворотну опору 11. На послід ній кільцями 5 і 6 з гвинтами закріплено котел 10. Котел діаметром 385 мм і висотою 620 мм виконаний у вигляді вертикального циліндра із сталевого листа товщиною 2,5 мм. Знизу циліндра приварено плоске дно, на яке ставлять диск 3 з від верст і короткими ніжками (диск запобігає підгоранню корму). Верхня частина циліндра відкрита, до неї з зовнішнього боку приварений кронштейн 7 з отворами 8 для установки притисної скоби.

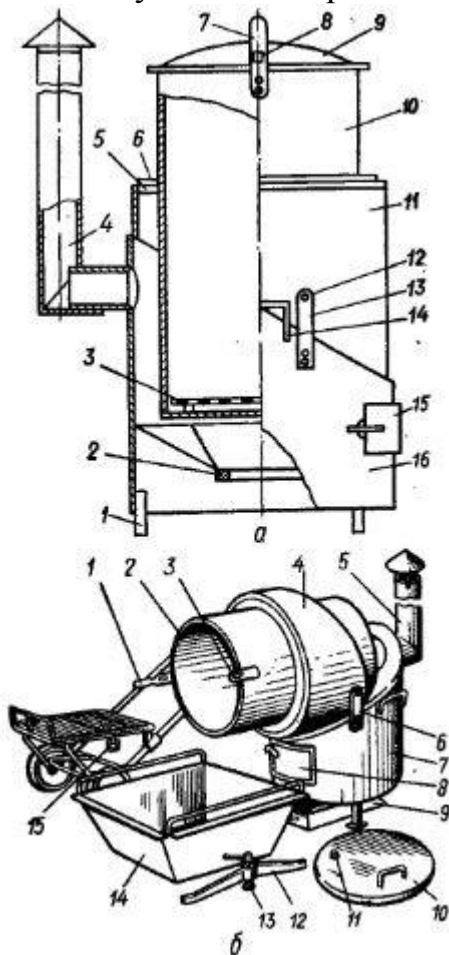


Рис. 2. Кормозапарник КЗ-1:

а - конструктивна схема кормозапарника: 1 - ніжка; 2 - колосникові ґрати; 3 - диск; 4 - витяжна труба; 5, 6 - кільця; 7, 13 - кронштейни; 8 - отвір для притисної скоби; 9 - кришка котла; 10 - казан; 11-поворотна опора; 12-палець; 14 - рукоятка; 15 - дверцята топки; 16 - топка, б - кормозапарника в комплекті з ємністю для вивантажується корму і ручним візком (показано

положення, відповідне вигрузці корму): 1 - ручка з вушком; 2 - кормове бак; 3 - проушина; 4 - корпус; 5 - труба; 6 - шарнірна опора; 7 - підстава; 8 - дверцята топки; 9 - деко; 10 - кришка; 11 - запобіжний клапан; 12 - притискна скоба; 13 – гвинт із рукояткою; 14 - знімний кузов; 15 - затиск

Котел закривається сферичною кришкою 9, що притискається зверху до котла притискною скобою 12 (рис. 2). Скоба вставляється кінцями в відповідні отвори кронштейна 3 та отвори ручки 1. Установлена під скобою кришка притискається гвинтом 13 до циліндра котла. Для герметичності кришка забезпечена гумовою кільцевою прокладкою. Встановлений на кришці запобіжний паровий клапан 11 спрацьовує при тиску більше 0,1 кгс/см².

Перед початком роботи перевіряється наявність на дні казана диску з отворами. Корм для запарювання завантажується до рівня на 10-20 см нижче верхнього краю циліндра котла, а воду заливають на 30-50 см нижче рівня корму в котлі. Потім розпалюють топку. При згорянні палива утворюються гази, які нагрівають воду і запарюють корм в котлі. Відпрацьовані гази виходять у витяжну трубу, зола провалюється через колосникові ґрати, вигрібають з-під неї скребком у совок 9 і видаляється.

При підвищенні температури корму в процесі його запарювання до 95-98 ° С через запобіжний клапан починає виходити пар, це є ознакою готовності корму.

Після цього в топці гасять вогонь, відкривають запобіжний клапан і дають корму охолонути протягом 15-20 хв. Потім, знявши кришку, нахиляють верхню частину котла за кронштейн-рукоятку 1 і вивантажують готовий продукт. Спорожнений котел промивають холодною водою і залишають в похилому положенні на 10-15 хв для стікання. Промитий котел ставлять вертикально і закривають кришкою. Ємність котла 75 л, габарити 730X500X1500 мм, маса 70 кг.

На рис. 2, б котел показаний в положенні при вивантаженні корму і в комплекті з візком ТШХ-70. Візок використовується при перевезенні кормів і інших вантажів, має вантажопідйомність 75 кг і знімний кузов 14, який кріпиться до візка затиском 15.

Запарники-змішувачі типу ЗС випускає в чотирьох виконаннях ПО «Уманьферммаш». Вони призначені для приготування кормів свиням в неспеціалізованих, підсобних та фермерських господарствах. Їх не можна рекомендувати до застосування в присадибних господарствах, оскільки експлуатація таких запарників-змішувачів в режимі запарювання кормів вимагає наявності гострої пари. У фермерських господарствах для отримання такої пари можна використовувати малопродуктивні по пару котли-пароутворювачі КВ-300У.

У запарники-змішувачах готують кормові суміші вологістю 60-80% з концентрованих, соковитих, зелених кормів і харчових відходів.

Марки запарників-змішувачів ЗС-Ф-1-1 і ЗС-Ф-2-1 укомплектовані двома скребковими конвеєрами ТС-Ф-40-4 (для завантаження кормів і

вивантаження готової кормової маси). Якщо в кормокухні або кормоцеху господарства вже є засоби для завантаження і вивантаження кормів, то можна придбати марки ЗС-Ф-1-2 і ЗС-Ф-2-2, які відрізняються від перших двох виконань тільки відсутністю конвеєрів ТС-Ф-40-4.

Запарник-змішувач ЗС-Ф-1-1 має прямокутний корпус, всередині якого розміщена камера запарювання і змішування кормів з жолобкова днищем 3 (рис. 5, а). Корм завантажують через бункер 5 за допомогою конвеєра 8 марки ТС-Ф-40-4, готова кормова маса вивантажується за допомогою такого ж конвеєра 2. На торцевій стінці корпусу змонтовані шафа управління 4, приводний пристрій шибєрних засувок завантажувальної та вивантажувальної горловин. Запарник-змішувач забезпечений сигналізаторами рівня, патрубком для подачі рідких компонентів, паророзподільні колектором з триходовим краном для пари і води, запобіжним пристроєм, через клапан якого автоматично скидається пар при тиску понад 0,07 МПа. Управління процесом запарювання і змішування кормових та рідких компонентів автоматичне, за заданою програмою реле часу.

При роботі запарника-змішувача в режимі запарювання в запарочну камеру заливають рідкі компоненти і включають мішалки, потім конвеєром подають корми.

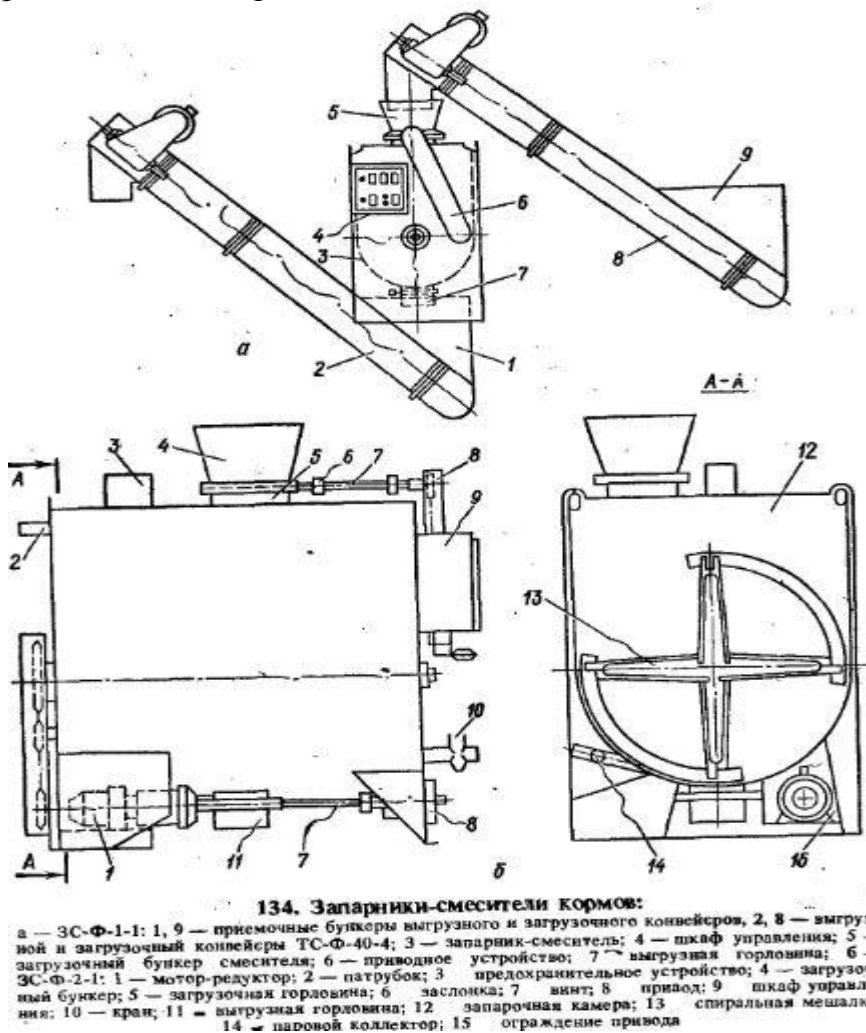


Рис.5. Запарники-змішувачі

При роботі в режимі змішування після завантаження компонентів та переходу на автоматичне керування, реле часу включає і вимикає мішалку запарника-змішувача на заданий час. У запарника-змішувача ЗС-Ф-2-1, також у камері з жолобковим днищем 12, обертається спіральна мішалка 13 від мотор-редуктора 1. У камері є завантажувальна 5 і вивантажувальна 11 горловини з шиберними заслінками 6, які приводяться в рух гвинтом 7 і приводом 8; над завантажувальною горловиною встановлений бункер 4.

У нижній частині камери закріплений паровий колектор 14 з краном 10. Запарник-змішувач забезпечений запобіжним пристроєм 3, патрубком 2 для заливки рідких компонентів, шафою керування 9.

Повний цикл приготування кормових сумішей складається з завантаження запарювальних камер кормами, попередньо очищеними від сторонніх предметів, і рідкими компонентами, запарювання їх гострим паром, завантаження сухих кормів і добавок, їх змішування, вивантаження готової кормової маси в роздавальник кормів або транспортні засоби.

Управління запарника-змішувачем автоматичне і ручне (з пульта управління).

Описані запарники-змішувачі однакові по пристрою, технологічним режимам експлуатації і конструкції, відрізняють їх тільки технічні характеристики. У ЗС-Ф-1-2 і ЗС-Ф-2-2. відповідно місткість запарочних камери 1,5 і 2,5 мл, продуктивність в режимі запарювання 0,4 і 0,8 т / год, в режимі змішування 0,8 і 1,5 т / ч, встановлена потужність 2,57 і 4, 57 кВт, габаритні розміри 1000ХМ135Х Х2000 мм і 2030Х1265Х2140 мм, маса 1000 і 1300 кг. У запарників-змішувачів обох марок витрата пари на 1 т запарюваного корму 200 кг, рівномірність змішування 90%. Якщо в комплект запарника-змішувача входять конвеєри для завантаження і вивантаження корму, то до встановленої потужності і масі роздавальника-змішувача додається по 3 кВт встановленої потужності і 600 кг маси, що припадають на два конвеєра ТС-Ф-40-4.

У фермерських господарствах доцільно використовувати для отримання гострої пари котли-пароутворювачі КВ-300У і КВ-300Л. По-перше, вони малопродуктивні, що відповідає рекомендаціям по експлуатації в фермерських господарствах запарників-змішувачів і їх потреби в парі, по-друге, працюють на доступному для фермерських господарств паливі (перший котел працює на пічному побутовому і рідкому паливі, другий - на пічному побутовому паливі). У КВ-300У і КВ-300Л відповідно наступні технічні характеристики: продуктивність 300 і 370 кг пара в годину, тиск пари 0,05 і 0,07 МПа, температура пари 120 і 125 ° С, встановлена потужність електродвигунів 7 і 2,6 кВт, маса 1630 і 1650 кг.

Тема 8. Теплові мережі.

План

- 8.1. Способи прокладання теплових мереж.
- 8.2. Основні елементи теплових мереж: труби, опори, компенсатори, антикорозійна та теплова ізоляція.
- 8.3. Гідравлічний розрахунок мереж: визначення діаметрів труб, витрат теплоносіїв, падіння тиску в мережі.

Загальні відомості.

Теплова мережа — це система теплопроводів, по яких теплота за допомогою теплоносія (гарячої води або пари) передається від джерел до теплових споживачів.

Сукупність трьох основних елементів — трубопроводу, по якому транспортується теплоносій, ізоляційної та несучої конструкцій, яка сприймає вагове навантаження самого теплопроводу, зусилля, що виникають при роботі теплової мережі, тощо, називають *теплопроводом*.

Теплові мережі поділяють на магістральні, котрі прокладають по головних об'єктах теплоспоживання, розподільні, що розміщені між магістральними тепловими мережами і вузлами відгалужень та відгалуження до окремих споживачів.

Залежно від схеми магістральних трубопроводів розрізняють кільцеві та радіальні (променеві) теплові мережі. У кільцевих теплових мережах передбачені перемички між певними магістральними напрямками, що робить схему надійнішою, але вимагає більшої витрати труб.

При невеликих діаметрах теплопроводів, що характерне для сільських теплових мереж, застосовують радіальну схему мережі із зменшенням діаметра труб у міру віддалення від джерела теплопостачання. Така мережа є найпростіша в експлуатації і дешевою по початкових затратах.

За призначенням теплові мережі поділяють на мережі опалення і вентиляції, гарячого водопостачання; за теплоносієм — на водяні та парові.

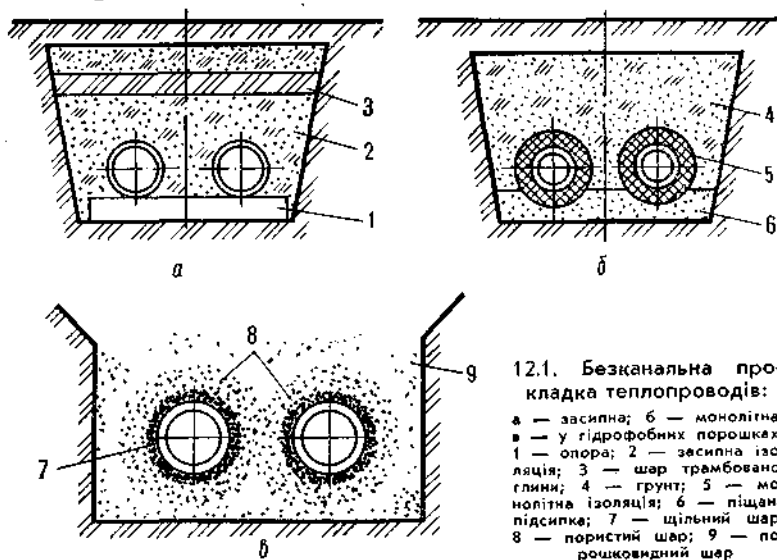


Рис. 1. Способи безканалльної прокладки теплових мереж

Мережі опалення і вентиляції, гарячого водопостачання від джерела теплоти до споживача прокладають паралельно. При цьому застосовують чотири-, дво- і однотрубну теплові мережі.

Для умов сільського господарства характерні мала густина і значні коливання теплового навантаження, сезонне споживання теплової енергії, малий діаметр теплопроводів.

Значний інтерес для сільського господарства становлять однотрубні водяні системи теплопостачання із безпосереднім розбором води на гаряче водопостачання.

8.1. Способи прокладання теплових мереж.

Прокладка теплових мереж може бути наземною і підземною.

Підземна прокладка буває каналною та безканалною. При каналній прокладці ізоляційна конструкція трубопроводів розвантажена від зовнішніх навантажень ґрунту. При безканалній прокладці ізоляційна конструкція зазнає навантаження ґрунту. Канали споруджують прохідними, напівпрохідними та непрохідними.

Існує кілька способів безканалльної прокладки теплових мереж: засипний, монолітний та литий (рис. 1).

При засипному способі трубопроводи укладають на опори — бетонні подушки, дерев'яні бруски тощо. Засипка служить ізоляцією і для цієї мети використовують гравій, крупнозернистий пісок, фрезерний торф, керамзит тощо (рис. 1, а).

Перспективною є прокладка теплопроводів у засипних порошках (рис. 1, в). Перевага цього способу полягає у простоті виготовлення ізоляційного шару. Як засипний порошок використовують бітум-асфальт або штучний бітум як продукт нафтоперегонки. Останнім часом одержали поширення трубопроводи із засипкою ізоляцією з гідрофобізованої порошкоподібної крейди.

Монолітні безканалні прокладки (рис. 1, б) більш досконалі. Трубопроводи у монолітних оболонках виготовляють у заводських умовах. Така оболонка поєднує ізоляційну та несучу конструкції трубопроводу.

При каналній прокладці ізоляційна конструкція трубопроводів розвантажена від зовнішніх навантажень ґрунту стінками каналу. Канали для трубопроводів частіше за все споруджують із збірних залізобетонних елементів. Розроблені уніфіковані коробчасті елементи завширшки від 600 до 1200 мм і заввишки від 300 до 1200 мм. За допомогою цих елементів виконують непрохідні канали для трубопроводів із повітряним зазором (рис. 2). Труби у каналах укладають на спеціальних опорах.

Напівпрохідні канали застосовують при прокладці невеликої кількості труб (дві — чотири) у тих місцях, де у процесі експлуатації розкривання ґрунту небажане. Висота каналу не менше 1400 мм, що дозволяє прохід у ньому людини у напівзігнутому стані. У цих каналах можливий огляд

теплопроводів і виконання дрібного ремонту (при відключеній тепловій мережі).

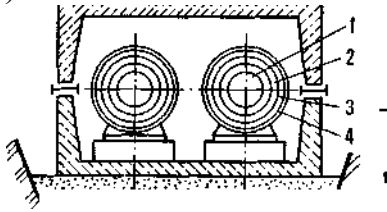


Рис. 2. Непрохідний канал

1 – теплопровід; 2 – антикорозійне покриття; 3 – теплоізоляційний шар; 4 – захисно-механічне покриття

Прохідні канали є найбільш дорогими, але одночасно надійнішими в експлуатації, оскільки забезпечують прохід обслуговуючого персоналу і вільний доступ до всіх елементів обладнання теплових мереж. Разом із трубопроводами у прохідних каналах розміщують й інші підземні комунікації, а саме: водо-, газопроводи, електрокабелі, телефонні кабелі тощо. Прохідні канали обладнують природною вентиляцією (температура повітря у каналі не повинна бути вищою плюс 30° С) електричним освітленням низької напруги (до 30 В), пристроєм для відведення води з каналу. В умовах сільського господарства прохідні канали не застосовують.

8.2. Основні елементи теплових мереж: труби, опори, компенсатори, антикорозійна та теплова ізоляція.

Труби є найістотнішим елементом теплових мереж. Вони мають відповідати таким вимогам: надійна міцність і герметичність трубопроводів і арматури при максимально можливих значеннях тиску та температури теплоносія у процесі експлуатації мереж; низький коефіцієнт температурних деформацій; високі значення тепло- і електроопору; індустріальність та висока технологічність закладання, простота монтажу; забезпечення надійності з'єднання труб; висока ремонтоспроможність, тобто можливість швидкого виявлення пошкоджень та ліквідації їх.

У теплових мережах застосовують сталеві (марок Ст2сп, Ст3сп, 10, 20, 10ГСІ, 15ГС, 16ГС) безшовні гарячекатані та електрозварні труби.

Трубопроводи теплових мереж з'єднуються між собою за допомогою електричного або газового зварювання.

Опори, на які у каналах укладають труби, бувають двох типів: вільні та нерухомі.

Вільні опори сприймають масу теплопроводу і забезпечують його вільне переміщення при нагріванні та подовженні труб. Нерухомі опори призначені для закріплення трубопроводів у характерних точках теплових мереж (у місцях відгалужень, установки засувки, грязьовиків).

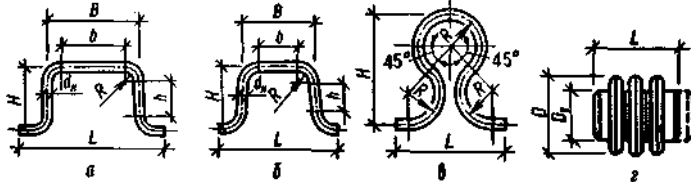
За принципом переміщення розрізняють вільні опори ковзання, кочення та підвісні. Ці опори встановлюють тільки при каналній і надземній прокладці теплових мереж.

Нерухомі опори призначені для розподілу теплових подовжень між окремими компенсуючими пристроями і врівноважування як радіальних, так і осьових зусиль у теплопроводі.

При каналній підземній прокладці труб максимально-допустимі відстані між нерухомими опорами при установці П-подібних компенсаторів мають бути:

Умовний діаметр d_y , мм	40	70	100	150	200
Відстань L , м	45	55	65	80	45

Компенсатори. Напруги, що виникають у трубах теплопроводів при їх подовженні за рахунок нагрівання, сприймаються компенсаційними пристроями. Компенсаційні пристрої поділяють на осьові та радіальні.



21.3. Компенсатори:

а — П-подібний; б — П-подібний рівнобічний $\{b = h\}$; в — ліроподібний; г — трихвильовий лінзовий

Осьові компенсатори бувають сальникові та пружні (лінзові).

В осьових компенсаторах забезпечується осьове переміщення трубопроводів за рахунок їх телескопічного обладнання (сальникові компенсатори) або стискання пружних вставок (лінзові компенсатори). Між стаканом і корпусом компенсатора телескопічного пристрою розміщують сальникову набивку, виконану із азбестових прографітованих кілець. Осьові компенсатори використовують у теплових мережах із діаметром труб більше 200 мм і тому у сільському господарстві практично не застосовують.

До радіальних компенсаторів відносять гнуті пристрої, що забезпечують природну компенсацію: П-подібні та ліроподібні (рис. 21.3).

Перевагами гнутих компенсаторів є передача на нерухомі опори тільки сил пружності компенсаторів і значна компенсуюча здатність (залежно від діаметра теплопроводів компенсуюча здатність становить 200...600 мм, причому чим більший діаметр труб, тим більша компенсуюча здатність).

До недоліків гнутих компенсаторів відносять: велику вартість теплових мереж, підвищений гідравлічний опір, великі затрати на будівництво спеціальних камер для компенсаторів і складнощі в їх розміщенні, особливо в умовах жилих селищ.

Камери для компенсаторів за формою відповідають їх конфігурації. Конструкція такої камери аналогічна конструкції каналу.

Теплове подовження ΔL теплопроводів визначають за формулою:

$$\Delta L = \alpha L(t - t_n), \quad (1)$$

де α — коефіцієнт лінійного подовження, мм/(м·К); t — температура теплоносія, °С; t_n — температура навколишнього середовища, °С.

Коефіцієнт лінійного подовження сталевих труб дорівнює 0,012 мм/(м·К). Температуру теплоносія приймають рівною максимальній температурі на

колекторі у теплоджерелі, температуру навколишнього середовища — рівною температурі повітря у непрохідних каналах для холодного періоду року. При безканальній прокладці можна прийняти $t_n=1...3^{\circ}\text{C}$, що відповідає температурі ґрунту взимку.

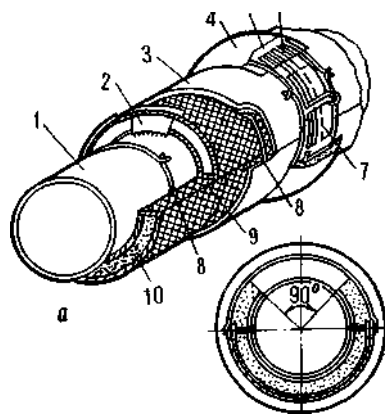
Ізоляція теплових мереж. При передачі теплоти на відстань температура теплоносія перевищує температуру навколишнього середовища, внаслідок чого є безповоротні теплові втрати. Для зменшення цих втрат застосовують теплову ізоляцію. Від якості ізоляційної конструкції теплопроводу, крім того, залежить і його довговічність.

До теплоізоляційних конструкцій ставлять такі вимоги: низька теплопровідність, мале водопоглинання, незначна корозійна активність, високий омичний опір, достатня механічна міцність.

Дуже важливо зберегти теплоізоляційний матеріал у сухому стані. При зволоженні зростає теплопровідність і зменшується його довговічність.

Теплову ізоляцію теплопроводів вибирають залежно від способу прокладання теплових мереж і місцевих умов.

При канальній прокладці теплопроводів як теплову ізоляцію широко використовують вироби із мінеральної вати, захищені від зволоження шаром бітуму. Технологія установки ізоляції така. Зверху антикорозійного покриття вкладають шкаралупи із мінеральної вати, армованої сталюю сіткою. Над ними встановлюють напівциліндричні азбоцементні футляри, котрі закріплюють на теплопроводі бандажами з листової сталі. Останні покривають азбоцементною штукатуркою (рис. 12.4).



21.4. Ізоляція теплопроводу прошивними мінеральними шкаралупами:

1 — антикорозійне пофарбування труби; 2 — сталеві опори; 3 — захисне покриття із азбестоцементних шкаралуп; 4 — азбестоцементна штукатурка; 5 — кільце із дроту; 6 — дротяна сітка; 7 — бандаж із покрівельної сталі; 8 — стяжні кільця; 9 — засипка стиків оболонок; 10 — мінераловатні шкаралупи

У випадку безканальної прокладки застосовують литий пінобетон, бітумоперліт, асфальтоізол, монолітний автоклавний пінобетон.

Засипну ізоляцію широко застосовують при безканальній прокладці теплопроводів, а також у каналах без повітряного зазору.

Товщину теплової ізоляції визначають на основі технічних та техніко-економічних розрахунків. Ізоляція має забезпечувати задану температуру теплоносія на окремих ділянках теплової мережі, величину тепловтрат у межах норми, температуру поверхні ізоляції при прокладці теплопроводів у робочих приміщеннях плюс 10...50 °С. При цьому необхідно враховувати вартість тепловтрат за рік, а також річні відрахування від початкової вартості ізоляції (амортизація, поточний ремонт).

Товщину теплової ізоляції розраховують за принципом знаходження мінімуму річних експлуатаційних витрат:

$$Bq_r + fK_{\text{и}} = \min, \quad (2)$$

де B — вартість 1 ГДж теплоти, грн.; q_r — втрати теплоти на 1 м теплопроводу за рік, ГДж/(м·рік); f — річні

відрахування від вартості теплової ізоляції ($f=0,08$); $K_{\text{и}}$ — початкова вартість ізоляції, грн.

8.3. Гідравлічний розрахунок мереж: визначення діаметрів труб, витрат теплоносіїв, падіння тиску в мережі.

При гідравлічному розрахунку теплових мереж визначають пропускну здатність теплових мереж при заданих параметрах теплоносія, падіння тиску, діаметр труб теплопроводів, ув'язку всіх точок системи із метою забезпечення потрібних значень тиску і витрати теплоносія у споживачів.

Падіння тиску у теплопроводі Δp знаходять як суму двох доданків:

$$\Delta p = \Sigma \Delta p_{\text{л}} + \Sigma \Delta p_{\text{м}}, \quad (3)$$

де $\Sigma \Delta p_{\text{л}}$ — падіння тиску на лінійних ділянках; $\Sigma \Delta p_{\text{м}}$ — падіння тиску у місцевих опорах.

Падіння тиску на прямолінійній ділянці $\Delta p_{\text{л}}$:

$$\Delta p_{\text{л}} = p_{\text{л}} L, \quad (4)$$

де $p_{\text{л}}$ — питоме падіння тиску (віднесене до одиниці довжини трубопроводу), Па/м; L — довжина трубопроводу, м.

Згідно із рівнянням Дарсі:

$$p_{\text{л}} = \lambda \frac{\rho}{d} \frac{\omega^2}{2} = 0,812 \frac{m^2}{d^5 \rho} \quad (5)$$

де λ — коефіцієнт опору тиску; ω — швидкість руху теплоносія, м/с; ρ — густина теплоносія, кг/м³; d — внутрішній діаметр трубопроводу; m — масова витрата, кг/с.

Розрахункові вирази для коефіцієнта тертя λ наведені у курсі гідравліки. Для сталених водопроводів можна користуватися формулою С. Ф. Копйова:

$$\lambda = 0,014 / \sqrt[4]{d}. \quad (5)$$

Втрати тиску у місцевих опорах:

$$\Sigma \Delta p_m = \Delta \Sigma \xi \rho \omega^2 / 2 \quad (6)$$

де ξ — коефіцієнт місцевого опору.

У розрахунках користуються поняттям еквівалентної довжини місцевих опорів, на якій лінійне падіння тиску дорівнює падінню тиску у місцевих опорах:

$$L_e = \Sigma \xi d / \lambda = a_m L, \quad (7)$$

де a_m — коефіцієнт місцевих втрат.

Очевидно, що сумарні втрати тиску на даній ділянці дорівнюють:

$$\Delta p = p_{\text{л}} (L + L_e) \quad (8)$$

Внутрішній діаметр теплопроводів визначають із рівнянь: для паропроводів —

$$D_{v_i} = \frac{\pi d^2 \omega}{4} \quad (9)$$

для водяних мереж —

$$m v_{\delta} = \frac{\pi d^2 \omega}{4} \quad (10)$$

де D — витрата пари, кг/с; v_n — питомий об'єм пари, м³/кг; m — витрата води, кг/с; v_{δ} — питомий об'єм гарячої води, м³/кг.

Мінімальний умовний діаметр труб водяних теплових мереж приймають рівним 40 мм.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Драганов Б.Х., Лазоренко В.О. та інш. Теплотехніка. -К.: Фірма „ІНКОС", 2005 - 400с.
2. Драганов Б.Х. та інші.. Проектування систем теплопостачання сільського господарства.-К.: Техніка, 2003. - 160с.
3. Ковальчук В.А., Мацнева Т.С. Тепловодопостачання. Навчальний посібник.- Рівне: НУВГП, 2013 – 300 с.: іл. 67.
4. Кравченко В.С. Водопостачання та каналізація. Підручник.- К.: кондор. 2009.- 288 с.
5. Дідур В.А., Савченко Д.Д., Журавель Д.П., Мовчан С.І. Гідравліка та її використання в агропромисловому комплексі. Підручник .- 2008.- 577 с.
6. Довідник по сільськогосподарському водопостачанню. К.: Урожай, 1992
- 7.Палишкин Н.А. Гидравлика и сельскохозяйственное водоснабжение. - М.: Агропромиздат, 1990 - 351 с.
8. Драганов Б.Х., Буляндра О.Ф., Міщенко А.В. Теплоенергетичні установки і системи в сільському господарстві / За ред. Б.Х. Драганова. – Київ: Урожай, 1995. – 224 с.
9. Єнін П.М., Швачко Н.А. Теплопостачання. Навчальний посібник.- К.: Кондор, 2007.- 244с.
10. Прядко М.О., Павелко В.І., Василенко С.М. Теплові мережі: Навчальний посібник / За ред.. Прядка М.О. – К.: Алерта, 2005. -227с.
11. Справочник. Механизация полива .- М.: Агропромиздат, 1990.
12. Дідур В.А., Стручаєв М.І. Теплотехніка, теплопостачання і використання теплоти в сільському господарстві- К.: Аграрна освіта, 2008.- 233 с.
13. ЗАКОН УКРАЇНИ Про питну воду та питне водопостачання м. Київ, 10 січня 2002 року N 2918-III

Сіренко Віктор Федорович
Лисенко Віта Василівна

Тепловодопостачання в АПВ

Конспект лекцій

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

Підписано до друку: травень, 2025 р. Формат: А5 Гарнітура: Times New Roman.

Тираж: _____ примірників Замовлення _____ Ум. друк. арк. 3,5
