

Міністерство освіти і науки України
Запорізька державна інженерна академія

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ УСТАНОВКАХ

Навчально-методичний посібник

*для студентів ЗДІА
спеціальності 7.000008, 8.000008 “Енергетичний менеджмент”
денної і заочної форми навчання*

*Рекомендовано до видання
на засіданні кафедри ЕЕМ,
протокол № від __.__.2010 р.*

Енергозбереження в технологічних установках. Навчально-методичний посібник для студентів ЗДІА спеціальності 7.000008, 7.000008 “Енергетичний менеджмент” (денної і заочної форм навчання) / Укл.: Ю.Г. Качан, А.Г. Лохматов – Запоріжжя, 2010. – 118 с.

Укладачі: *Ю.Г. Качан, проф. д.т.н.*

А.Г. Лохматов, к.т.н.

Відповідальний за випуск : *зав. кафедрою ЕЕМ*

Д.т.н., проф. Качан Ю.Г.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
Тема 1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ. ОСНОВНІ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЗАХОДИ В ЕНЕРГОЄМНИХ ГАЛУЗЯХ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ.....	7
1.1 Основні поняття та визначення.....	7
1.2 Основні енергозберігаючі технології.....	10
Тема 2. ЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ. ПАРОТУРБІННІ, ГАЗОТУРБІННІ І КОМБІНОВАНІ ЕНЕРГОУСТАНОВКИ ТА ЇХ СКЛАДОВІ ЧАСТИНИ.....	15
2.1 Парові і газові турбіни.....	15
2.2 Комбіновані установки.....	22
2.3 Технологічні показники парових турбін.....	24
Тема 3 КОТЕЛЬНІ УСТАНОВКИ.....	26
3.1 Головні складові організації процесів отримання теплової енергії... ..	26
3.2 Допоміжні системи і пристрої котельних установок.....	33
3.3 Тепловий баланс і тепла економічність котельної установки.....	38
3.4 Подальший розвиток котельної техніки.....	43
3.5 Котельні установки – основне базове джерело малої енергетики.....	44
Тема 4 ТЕПЛОВІ ЕЛЕКТРИЧНІ СТАНЦІЇ.....	54
4.1 Типові схеми ТЕС.....	55
4.2 Теплоелектроцентралі. Міні-ТЕЦ. Теплофікація і централізоване теплопостачання.....	58
4.3 Техніко-економічні показники теплової електростанції.....	63
Тема 5 ТРАНСПОРТУВАННЯ І СПОЖИВАННЯ ТЕПЛОВОЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ.....	69
5.1 Основні споживачі теплової енергії.....	69
5.2 Системи теплопостачання.....	69
5.3 Теплові мережі.....	71

5.4 Електроенергетичні системи й електричні мережі.....	75
Тема 6 ЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ ТА НЕТРАДИЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ.....	79
6.1 Класифікація та напрями використання вторинних енергетичних ресурсів.....	79
6.2 Ефективність використання ВЕР.....	83
6.3 Основні схеми використання відпрацьованого тепла.....	85
6.4 Трансформатори теплоти.....	88
6.5 Термодинамічні основи процесів трансформації теплоти.....	89
6.6 Теплонасосні установки.....	91
6.7 Тепловикористовуючі апарати на теплових трубах.....	95
Тема 7 ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМУНАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ.....	104
7.1 Економічні джерела світла.....	104
7.2 Енергозбереження в будинках і спорудах.....	105
7.3 Теплова ізоляція трубопроводів, будинків і споруд.....	108
7.4 Підвищення ефективності систем опалення.....	112
7.5 Автономні енергоустановки.....	114
7.6 Ефективне використання електропобутових приладів.....	115
ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ.....	118

ВСТУП

Україна, яка в даний час має значні енергетичні потужності, але велика їх частка складає застаріле, технічно зношене та енерговитратне обладнання та устаткування. Тому проблема енергозабезпечення країни вже переросла в проблему національної безпеки. Енергетичною стратегією України передбачено збільшити енергоефективність енергопостачання та енергоспоживання, знизити шкідливий вплив енергетики на довкілля, підвищити ККД енергетичних агрегатів і установок, замінивши старі на нові зразки, упровадивши передові енерготехнології.

Зростаючі темпи використання ПЕР неможливо забезпечити без наукоємних технологій повнішого й ефективнішого використання енергії, розробки енергоощадних технологій. Енергетична стратегія України передбачає використання нетрадиційних і поновлюваних джерел енергії та використання ВЕР в максимально великому обсязі. Потенціал цих джерел України оцінюється у великих обсягах і цей потенціал можливо розглядати як додаткове джерело енергоносіїв. Використання цієї енергії дозволить знизити споживання дефіцитних ПЕР. Перевагою вказаних ВЕР є їх екологічна чистота. При цьому вони дають реальну економію палива, відчутний соціальний ефект, значно поменшують негативний вплив енергетики на довкілля. Їх застосування символізує реальний перехід від марнотратної до раціональної економіки. Джерелом виникнення енергії є технологічне обладнання та процеси, у яких частину підведеної енергії вигідно використовують, а другу – ВЕР – використовують для забезпечення внутрішніх процесів. ВЕР у цьому разі належать до втрат і значно впливають на значення ККД установки. Тому важливим завданням для підвищення її ефективності є використання всіх енергоресурсів в межах самого технологічного агрегату.

В запропонованому курсі викладаються основи енергозбереження в технологічних установках, розглянуто традиційні та альтернативні енергетичні установки і технології виробництва електричної та теплової енергії, головні аспекти їх функціонування, а також перспективи подальшого розвитку.

Мета вивчення:

- опанування знаннями з питань загальної енергетики, енергопостачання, енергозбереження;
- визначення ролі та місця в житті людства процесів перетворення енергії, паливно-енергетичних ресурсів та енергозбереження в технологічних установках;
- ознайомлення з теоретичними основами конструювання технологічних установок, їх класифікацією, загальними характеристиками та експлуатаційними особливостями;
- придбання досвіду у виборі джерел енергопостачання, розрахунку навантаження та споживання енергії, визначенні основних параметрів енергоносія, проведення конструктивних та експлуатаційних розрахунків; оцінка питомої вартості енергії.

Тема 1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНІ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЗАХОДИ В ЕНЕРГОЄМНИХ ГАЛУЗЯХ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ

1.1 Основні поняття та визначення

Крім валового національного продукту на душу населення країни, рівень розвитку технології, обладнання, тобто і суспільства в цілому, характеризують показники енергоємності одиниці продукції по різних видах виробництва, які пов'язані з паливно-енергетичними ресурсами (ПЕР) й ефективністю їх використання, рівнем розвитку технології й обладнання, фінансовим й економічним добробутом держави. Україна за цими показниками набагато відстає не тільки від високорозвинених країн, і це при тому, що вона має значний енергетичний, технологічний та інтелектуальний потенціал. Тому в Україні прийняті й діють Закон «Про енергозбереження», цілий ряд Державних стандартів по термінам і визначенням в галузі енерго- і ресурсовикористання.

Наведемо найбільш важливі поняття курсу.

Енерговикористання – природне або цілеспрямоване використання енергії різних видів або комплекс дій персоналу об'єкта та роботи його обладнання й технологій, пов'язаних із процесами від одержання (виробництва) енергії до її споживання.

Паливно-енергетичні ресурси – сукупність всіх природних і перетворених видів палива й енергії, яка використовується у національному господарстві.

Раціональне використання ПЕР – досягнення максимальної ефективності використання ПЕР при існуючому рівні розвитку техніки й технології й одночасне зниження техногенного впливу на навколишнє природне середовище.

Енергозберігаюча політика – адміністративно-правове й фінансово-економічне регулювання процесів добування, переробки, транспортування, зберігання, виробництва, розподілу й використання паливно-енергетичних

ресурсів з метою їхнього раціонального використання й економного витрачання.

Енергозбереження – діяльність (організаційна, наукова, практична, інформаційна), спрямована на раціональне використання й економне витрачання первинної та перетвореної енергії, природних енергетичних ресурсів у національному господарстві і яка реалізується з використанням технічних, економічних і правових методів, або – комплекс заходів, що спрямований на раціональне використання енергетичних ресурсів. У ході даного процесу діяльності знижується потреба в ПЕР на одиницю кінцевого продукту й зменшується несприятливий вплив на навколишнє середовище.

Енергоефективність – властивість обладнання, технології, виробництва або системи в цілому, що характеризує ступінь використання енергії на одиницю кінцевого продукту.

Енергоефективність може бути оцінена за допомогою таких показників: кількісних (кількість енергії на одиницю кінцевого продукту) та якісних (низька, висока). Підвищення енергоефективності досягається за рахунок реалізації системи цілеспрямованих організаційних і технічних заходів.

Енергетичний аудит (енергоаудит) – вид діяльності, спрямований на зменшення споживання енергетичних ресурсів за рахунок підвищення ефективності використання енергії, яка орієнтована на обстеження об'єкта з погляду його енерговикористання, визначення заходів щодо енергозбереження, оцінки технічних й економічних можливостей з їхній реалізації.

Енергетичний менеджмент (енергоменеджмент) – управлінська діяльність персоналу суб'єкта господарювання по раціональному використанню енергії, з огляду на технічні, економічні й екологічні аспекти.

Основна мета енергетичного менеджменту – досягнення високої енергоефективності господарювання при найкращому використанні людського та ресурсного потенціалу об'єкту діяльності та мінімальному негативному впливі на довкілля.

Об'єктом управління в системі енергоменеджменту є сукупність технологічного й енергетичного обладнання, енергетичних мереж, а також режими їх роботи. Суб'єктом управління – персонал об'єкту діяльності (керуючий, інженерний, технічний, рядовий).

Енергетичний менеджмент є практичним інструментом здійснення процесу управління використанням енергії для оптимального її використання при доцільному забезпеченні потреб людини (організації) та мінімальному негативному впливу на довкілля за умов найкращого використання ресурсного потенціалу об'єкту енерговикористання.

Таким чином енергетичний менеджмент – основний інструмент скорочення споживання енергії і, відповідно, підвищення ефективності її використання, а також зниження негативного впливу енергетики на навколишнє середовище.

Механізм втілення енергозбереження в життя – реалізація законодавчих, правових, організаційних, технічних, економічних, наукових й інформаційних заходів, спрямованих на ефективне використання енергетичних ресурсів і поліпшення стану навколишнього середовища.

Технологічні заходи енергозбереження здійснюються за допомогою технологічних установок.

Технологічна установка – механізм, конструкція, агрегат, обладнання, устаткування тощо, у яких здійснюється сукупність як обробки так і змінювання властивостей сировини, матеріалів, напівфабрикатів у процесі виробництва, або здійснюються генерація, перетворювання, постачання та споживання енергії.

Енергозбереження в технологічних установках досягається за рахунок цілеспрямованій зміні технологічного процесу, а іншими словами, якщо здійснюється наступні заходи:

- найбільш повне споживання первинних паливно-енергетичних ресурсів за рахунок зміни технології;

- утилізація енергії за рахунок використання вторинних енергетичних ресурсів;
- ефективна (комбінована) генерація енергії;
- раціональний вибір джерел енергії або їх комбінацій під час промислового виробництва чи споживання;
- ефективне постачання та транспортування енергії;
- перетворювання та підготовка енергії відповідної якості;
- зниження енергетичних витрат під час усунення шкідливого впливу енергетики на довкілля і т. ін.

1.2 Основні енергозберігаючі технології

Електроенергетика. Напрямки підвищення рівня ефективності використання палива та енергії досягається у таких сферах: експлуатація енергетичного обладнання електростанцій та його реконструкція і модернізація, скорочення власних потреб в енергоресурсах, скорочення втрат при розподілі електричної та теплової енергії, впровадження нових енергозберігаючих технологій виробництва енергії (ПГУ, котли з циркулюючим киплячим шаром тощо).

Вугільна промисловість. Економія ПЕР у галузі підвищується за рахунок таких основних заходів: створення нових та модернізація існуючих техніки і технології видобування та переробки вугілля; використання методів газифікації, особливо низькосортного та високосортного вугілля; використання шахтного метану як палива; удосконалення систем електроприводу, у тому числі збільшення коефіцієнта завантаження електроприводу, вибір типу приводу, обмеження режиму неробочого ходу, впровадження статичних регуляторів швидкості двигунів; переробка та використання відходів вуглезбагачення як палива, зменшення втрат палива; використання в ефективних межах вторинних енергетичних ресурсів для цілей теплофікації та виробництва холоду.

Нафтогазова промисловість. Головними напрямками, що впливають на підвищення ефективності використання ПЕР в галузі, є: підвищення питомої ваги газопроводів великого діаметра та підвищенням тиском; зниження гідравлічних втрат; охолодження природного газу; оптимізація режимів транспорту газу; зниження втрат за рахунок поліпшення стану парку газоперекачуючих агрегатів; раціональне використання ВЕР; застосування електроприводу замість газотурбінного.

Нафтопереробна промисловість. У нафтопереробній галузі основний потенціал енергозбереження головним чином зосереджено в технологічних заходах та впровадженні наступного високоефективного обладнання: поглибленої переробки нафти шляхом вакуумної перегонки мазуту, каталітичного крекінгу і гідрокрекінгу, а надалі – до глибини переробки за рахунок поглибленої переробки гудрону; поліпшення якісного складу нафтових фракцій з метою отримання високоякісних та екологічно чистих палив, сировини для нафтохімії та продуктів для інших галузей промисловості; підвищення рівня рекуперації тепла на установках атмосферної перегонки та використання тепла відхідних газів після гідроочистки газойлю; збільшення теплообмінних агрегатів у технологічній схемі підігріву сировини. Значну економію паливно-енергетичних ресурсів отримують за рахунок: удосконалення технологічних процесів шляхом впровадження нових видів каталізаторів, зменшення витрат нафти та нафтопродуктів при впровадженні автоматичних систем на наливних резервуарах.

Чорна металургія. Ефективність використання палива в галузі значно підвищують за рахунок впровадження енергозберігаючих заходів за такими основними напрямками: структурної перебудови галузі за рахунок зменшення частки енергомістких виробництв і процесів; заміни природного газу іншими видами палива; зниження енергомісткості та матеріаломісткості виробництва; підвищення частки використання безвідходних технологій, до яких слід віднести процеси безкоксової металургії, перевиплавки лому в агрегатах типу «лом-сталь»; технології безперервної розливки сталі; оптимізації режимів

розливу сталі в злитки; удосконалення методів позапічної обробки металу; більш повного використання ВЕР за рахунок установки теплових утилізаційних електростанцій, газових утилізаційних безкомпресорних турбін, установок сухого гасіння коксу, котлів-утилізаторів, охолоджувачів конверторних газів, утилізаційних турбогенераторів низького тиску, теплообмінників на теплових трубах, теплонасосних установок, використання низькокиплячих теплоносіїв, локальних схем теплофікації, кондиціонування повітря та утилізація тепла вентвипусків.

Кольорова металургія. Скороченню витрат палива і енергії в кольоровій металургії сприяє впровадження енергозберігаючих технологій, особливо в найбільш енергоємній алюмінієвій промисловості, зміна структури виробництва теплової енергії за рахунок залучення до теплового балансу галузі ВЕР. Основними причинами перевитрат електроенергії є нестабільний режим роботи алюмінієвих електролізерів, що зумовлено експлуатацією застарілих конструкцій, а також недоліки в автоматизації технологічного режиму електролізу. Впровадження потужних автоматизованих електролізерів, використання солі літію та інші заходи дозволяють скоротити питомі витрати електроенергії та підвищити показники процесу електролізу. Більшість технологічного обладнання галузі працює з виходом вторинних енергоресурсів. Тому пріоритетним напрямом енергозбереження потребує створення і впровадження у виробництво технологічних процесів і агрегатів з повним внутрішнім теплообміном, що забезпечує мінімальні втрати тепла.

Хімічна та нафтохімічна промисловість. Основний потенціал енергозбереження в галузі припадає на впровадження нових енерготехнологічних процесів, більш ефективного устаткування, реконструкцію та модернізацію діючого устаткування, вдосконалення діючих технологічних схем, підвищення рівня використання ВЕР. Впровадження діафрагмового способу виробництва каустичної соди з використанням електролізерів біполярного типу скорочує питомі витрати електроенергії порівняно з ртутним способом виробництва. При виробництві кальцинованої

соди значну економію енергоресурсів досягається за рахунок удосконалення процесів обезводнення, сушки і дозування дрібних сипучих матеріалів, а в шинній промисловості – технології приготування формовочних сумішей. У процесі виробництві кислот економію енергетичних ресурсів забезпечується за рахунок використання плазмохімічних методів, які дають і можливість регулювати добові та сезонні навантаження енергетичних систем і скорочують викиди шкідливих речовин у навколишнє середовище. Налагодження промислового виробництва слабкої азотної кислоти плазмохімічним методом із застосуванням азоту повітря дає змогу не використовувати природний газ, за рахунок чого досягається скорочення енергомісткості виробництва кислоти. Важливим напрямом енергозбереження в каталітичних хімічних процесах є впровадження більш ефективних каталізаторів, апаратів миттєвого закипання, утилізаційного обладнання.

Промисловість будівельних матеріалів. У цементній промисловості впроваджується енергозберігаюча технологія сухого способу виробництва з використанням вугілля як основного палива. Зниження енергоємності у виробництві стінових матеріалів досягається за рахунок збільшення випуску пустотної цегли та ніздрюватого бетону, використання відходів вуглевидобутку і використання ВЕР. У виробництві віконного скла енергозбереження досягається при застосуванні технології термічного формування скла.

Машинобудування та металообробка. Впровадження в сталє- і чавуноливарне виробництво таких технологій, як позапічна обробка металу, використання кисневого дуття, поліпшення якості шихти, попереднє нагрівання шихти перед виплавою, оснащення вагранок дворядними фурмами та пристроями для підігріву дуття дозволяють значно понизити витрати палива в цих виробництвах. Зменшення витрат електроенергії при виплавці сталі в електродугових печах здійснюється за рахунок обладнання печей більш потужними трансформаторами, використанням паливно-кисневих пальників при розплавленні шихти, позапічної доводки розплавленого металу. Заміна традиційних процесів термообробки на прогресивні з використанням

концентрованих джерел електронагріву (лазерного, плазмового) високочастотної та імпульсної індукції дозволяють зменшити питомі витрати електроенергії. Значно зменшується обсяг витрат електроенергії у виробничих процесах металообробки за рахунок впровадження таких енергоекономічних технологічних процесів, як електролітична шліфівка, ультразвукова, електроіскрова і електрохімічна обробки металу, електропроменеве і дифузійне зварювання, зміни механічної обробки на холодну штамповку і гарячу накатку, обробку металу твердосплавним та алмазним інструментом.

Житлово-комунальне господарство. До переліку основних заходів енергозбереження в галузі слід віднести: створення та використання більш економічних енергоспоживаючих побутових систем та приладів, зміну режимів їх роботи; автоматизацію регулювання й управління режимами роботи побутових енергоспоживаючих систем та приладів; оснащення енергоприймачів вимірювальними та регулюючими пристроями; розвиток децентралізованого теплопостачання, при якому виключаються втрати теплоенергії при транспортуванні до споживачів; стандартизацію та поліпшення теплоізоляції будинків та споруд. Сучасні інженерний благоустрій та обладнання місць проживання населення, конструктивні та технічні рішення будинків і споруд дозволяє значно зменшити витрати палива та енергії в житлово-комунальному господарстві України.

Контрольні запитання

1. Основні поняття курсу.
2. Енергозбереження як додаткове джерело енергоспоживання.
3. Енергетичний менеджмент як інструмент ефективного управління виробництвом й споживанням енергії
4. Основна ціль енергоменеджменту.
5. Поняття енергозбереження в технологічних установках.
6. Основні енергозберігаючі технології та заходи в енергоємних галузях економіки.

Тема 2. ЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ.

ПАРОТУРБІННІ, ГАЗОТУРБІННІ І КОМБІНОВАНІ ЕНЕРГОУСТАНОВКИ ТА ЇХ СКЛАДОВІ ЧАСТИНИ

2.1 Парові і газові турбіни

Паротурбінні установки (ПТУ), що застосовуються як базові для

виробництва електричної й теплової енергії, є

основою сучасної енергетики. Для виробництва

тільки електричної енергії застосовують

конденсаційні ПТУ, електричної та теплової –

теплофікаційні ПТУ (які мають регульовані

відбори пари, що йде на тепlopостачання).

Основними елементами ПТУ (рис. 2.1) є: паровий

котел – 1, турбіна – 2, електрогенератор – 3,

конденсатор – 5, циркуляційний 9, конденсатний

електронасос (КЕН) 6 та живильний 7 насоси, бак живильної води й

охолоджувач циркуляційної води. Хімічна

енергія палива, яке спалюють у топці котла,

перетворюється в теплову енергію та передається

(через радіаційні та конвективні поверхні нагріву

котла) живильній воді. У результаті утворюється

насичена пара, що перегрівається в

пароперегрівачі та далі надходить при

відповідному тиску і температурі до парової

турбіни. У сопловому апараті парової турбіни відбувається перетворення

потенційної енергії пари в кінетичну, яка, у свою чергу, перетворюється на

робочих лопатках в механічну енергію обертання ротора турбіни. Перетворення

механічної енергії в електричну відбувається в електрогенераторі.

Особливістю конденсаційної установки є те, що відпрацьована водяна

пара (за винятком деякої її кількості – до 20-30 %), яка відбирається у вигляді

нерегульованих відборів та подається в систему регенеративного підігріву

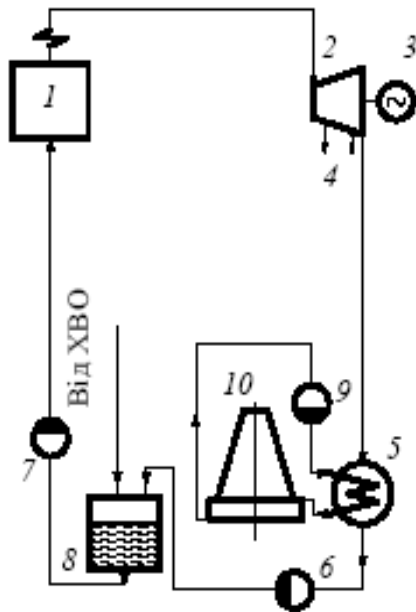


Рисунок 2.1 – Принципова схема конденсаційної паротурбінної установки: 1 – паровий котел; 2 – турбіна; 3 – електрогенератор; 4 – регульовані відбори пари; 5 – конденсатор; 6 – конденсатний електронасос (КЕН); 7 – живильний електронасос; 8 – бак живильної води; 9 – пароперегрівачі та циркуляційний насос; 10 – градирня

живильної води) направляється в конденсатор з тиском, значно нижче атмосферного. Конденсатор являє собою теплообмінник поверхневого типу, де в результаті теплообміну між відпрацьованою парою та холодною циркуляційною водою відбувається конденсація пари.

Конденсат конденсатним насосом подають в систему регенеративного підігріву живильної води. Далі після термічної дегазації (для видалення корозійних газів CO_2 і O_2) та додавання для поповнення втрат конденсату хімічно очищеної води (ХВО) живильну воду живильним насосом подають у котел. У результаті робочий цикл замикається.

У випадку комбінованого виробництві теплової й електричної енергії застосовують паротурбінні установки з регульованими теплофікаційними та промисловими відборами пари. Тиск теплофікаційного відбору пари значно нижчий, ніж тиск промислового.

Коли споживачеві потрібна в значній кількості пара для технологічних потреб, використовують парові турбіни з протитиском. У цьому випадку в схемі ПТУ немає конденсатора, і вся відпрацьована пара направляється споживачеві. Конденсат пари, що надходить від споживача, частково або цілком повертається на станцію та використовується для живлення котлів. У таких установках кількість пари, що проходить через турбіну, а, отже, і кількість вироблюваної електроенергії цілком залежать від теплового споживання. Тобто, станція, що оснащена турбінами з протитиском працює за заданим тепловим графіком, тобто повинна мати можливість віддавати всю вироблену нею електроенергію в електричну мережу досить потужної системи. У тих випадках, коли споживач зменшує витрату теплоти, що означає зниження вироблення й електричної енергії, електрична система має заповнювати це зниження потужності підвищенням її на інших станціях системи.

Газотурбінні установки порівняно з паровими мають такі особливості: немає металоємних та об'ємних парових котлів і котельного цеху; швидкий пуск, який створює сприятливі умови для використання ГТУ, щоб покрити пікові навантаження; незначна потреба у воді; менша кількість обслуговуючого

персоналу (включаючи можливість повної автоматизації робочого процесу); можливість роботи переважно на рідкому та газовому паливі.

Газові турбіни зі згоранням при постійному тиску можна розподілити на турбіни, що працюють у розімкненому і замкненому циклі.

На рис. 2.2 подано принципову схему ГТУ, що працює у найпростішому

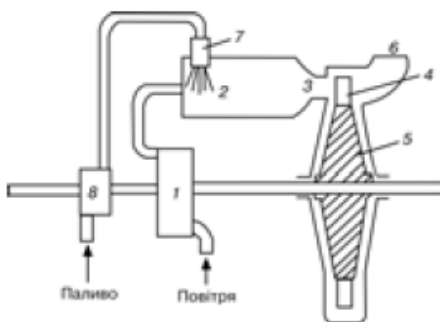


Рисунок 2.2 – Принципова схема газовой турбины зі згоранням при постійному тиску:

1 – компресор; 2 – камера згорання; 3 – сопла; 4 – робочі лопатки; 5 – диск; 6 – вихлопний патрубок; 7 – форсунка; 8 – насос

розімкненому циклу (циклу Брайтона). Паливний насос 8 подає в камеру згорання 2 через форсунку 7 паливо, що згорає, змішуючись з повітрям, яке подають у камеру під тиском, створюваним компресором 1. Продукти згорання проходять через сопла 3 і, розширюючись у них, надходять з великою швидкістю на робочі лопатки 4, установлені на диску 5. Відпрацьовані гази виходять в атмосферу через вихлопний патрубок 6. Якщо потрібне комбіноване виробництво теплової і електричної енергії, то ГТУ може мати

котел-утилізатор, з'єднаний з вихлопним патрубком турбіни.

Показником ефективності перетворення хімічної енергії палива на електричну є ККД установки. Найчастіше, $\eta_{\text{ПГУ}} > \eta_{\text{ГТУ}}$. Однак, якщо ПТУ та ГТУ використовують спільно, то ККД комбінованої установки (ПГУ) стає істотно вищим за відповідний показник ПТУ. Це пояснюється тим, що у цьому разі використовують переваги розглянутих установок і виключають недоліки, зумовлені термодинамічною недосконалістю кожної з них. Вища початкова температура циклу ГТУ визначає її істотну термодинамічну перевагу порівняно з ПТУ. Водночас вища кінцева температура газотурбінного циклу визначає низьку термодинамічну ефективність ГТУ.

У комбінованому циклі ГТУ виконує роль надбудови над ПТУ, що зумовлює підвищення сумарного ККД комбінованого циклу.

Є багато різних варіантів парогазових установок і відповідних циклів, що визначаються особливостями функціонування елементів ГТУ та ПГУ і їх

взаємозв'язком. Одну з можливих схем ПГУ, що працює за бінарною схемою (за наявності двох силових контурів з роздільною подачею пари та газу в парову і газову турбіну) наведено на рис. 2.3.

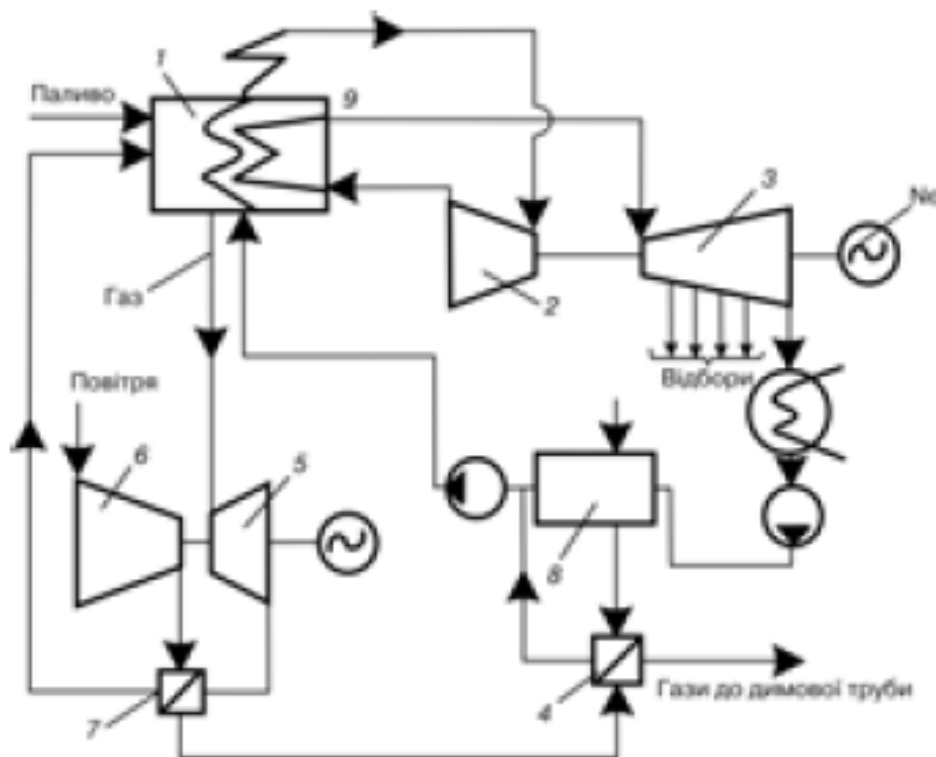


Рисунок 2.3 – Принципова схема ПГУ з високонапорним парогенератором:

1 – паровий котел; 2 – парова турбіна (ЦВТ); 3 – парова турбіна (ЦНТ); 4 – економайзер; 5 – газова турбіна; 6 – компресор; 7 – регенератор; 8 – система регенеративного підігріву живильної води; 9 – проміжний перегрів водяної пари

У цій схемі застосований високонапорний парогенератор 1, тобто котел спеціальної конструкції з топкою, що працює під тиском і забезпечує ефективну теплопередачу та високі теплові навантаження поверхонь нагріву. Повітря, потрібне для горіння палива, подається осьовим компресором 6 через регенератор 7, де воно підігрівається відпрацьованими в газовій турбіні 5 газами. Після парогенератора газу подаються під тиском в газову турбіну. Відпрацьовані в турбіні газу подаються в регенератор для підігріву повітря і потім в економайзер 4 для підігріву живильної води паротурбінної установки, включеної послідовно із системою регенеративного підігрівача сітьової води 8. Пару високого тиску, отриману в парогенераторі, використовують для приводу парової двоциліндрової турбіни 2 і 3 з проміжним перегрівом пари 9.

Газова турбіна виконує функції приводу компресора, що знаходиться на її валу, а надлишкову потужність використовують для приводу електричного генератора. Паливом у такій установці може слугувати газ або рідке паливо, що забезпечує чистоту продуктів згорання перед газовою турбіною для запобігання забрудненню її проточної частини.

Крім ПГУ, що працюють за бінарною схемою, є також комбіновані установки, що працюють за монарною схемою, у яких робоче тіло турбіни – це суміш продуктів згорання з водяною парою. Такі установки називають газопарові.

Парові та газові турбіни – основні механізми перетворення потенційної енергії робочого тіла на механічну роботу відповідно в ПТУ та ПГУ. Вони складаються з ідентичних елементів, однак конструкція та технологія виготовлення цих елементів може бути різною.

Конденсаційним турбінам та турбінам з протитиском або з регульованими відбираннями пари, що працюють на докритичних або понадкритичних параметрах пари, властива схема виконання з циліндром високого тиску (ЦВТ) парової турбіни та поворотним потоком пари (рис. 2.4). Ротор ЦВТ дисковий суцільнокований. Статор ЦВТ складається із зовнішнього і внутрішнього корпусів. Пара надходить до внутрішнього корпусу в середній

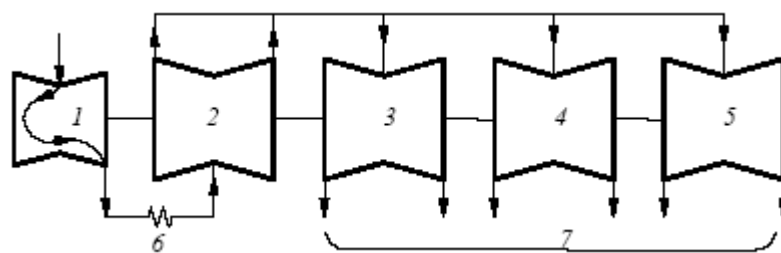


Рисунок 2.4 – Структурна схема конденсаційних турбін ЛМЗ потужністю 800 та 1200 МВт: 1 – ЦВТ; 2 – ЦСТ; 3 – ЦНТ1; 4 – ЦНТ2; 5 – ЦНТ3; 6 – проміжний пароперегрівник; 7 – до конденсатора.

частині циліндра, проходить через ступені однієї напівчастини ЦВТ, протікає в зворотному напрямку між внутрішнім і зовнішнім корпусами, далі проходить через ступені другої напівчастини ЦВТ і через вихідний патрубок виводиться з циліндра. Потім, після проміжного перегріву, пара надходить до циліндра

середнього тиску (ЦСТ), після чого трьома паралельними потоками надходить до трьох циліндрів низького тиску (ЦНТ) і далі потрапляє до конденсатора.

Якщо в паровій турбіні робочим тілом є водяна пара, то в газовій продукти згорання палива і стисненого повітря.

Найістотнішою є відмінність у конструкції і технології виготовлення ротора газової турбіни, виконаного у вигляді збірної конструкції (на стяжних болтах). Крім того, газова турбіна має систему повітряного охолодження найбільш термонапружених елементів проточної частини. Основою проточної частини парових і газових турбін є ступінь – сукупність нерухомої решітки (напрявленого апарата) та решітки робочих лопаток, що обертаються. У нерухомій решітці, яку ще називають сопловою, потенційна енергія пари перетворюється на кінетичну. У робочому апараті кінетична енергія пари перетворюється на механічну енергію обертання ротора турбіни.

За аналогічною схемою потенційна енергія робочого тіла перетворюється на кінетичну та механічну енергію на всіх ступенях багатоступінчастої парової або газової турбіни. При цьому тиск робочого тіла та обертальний момент на кожній ступені знижується.

Принципова схема та цикл в Ts -координатах (T – абсолютна температура, K ; s – ентропія, $Дж/кг.K$) конденсаційної ПТУ наведено на рис. 2.5. В основу робочого процесу всіх типів ПТУ покладено цикл Ренкіна. Робота ПТУ (без урахування незворотних втрат) характеризується площею 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 1. Лінія 1-2 характеризує процес ізентропійного розширення пари в турбіні, лінія 2-3 – ізобарно-ізотермічний процес конденсації пари в конденсаторі, лінія 3-4 – ізентропійний процес підвищення тиску живильної води в насосі, 4-5 – ізобарний процес підігріву води до лінії насичення, 5-6 – ізотермічний процес випаровування води й одержання сухої ($x = 1$) насиченої пари, 6-1 – ізобарний процес перегріву води в пароперегрівнику.

Конденсаційні паротурбіни установки мають розвинену систему регенеративного підігріву живильної води, що сприяє підвищенню потужності

турбіни й економічності ПТУ загалом (економія палива сягає 10 % і більше у порівнянні з турбінами без регенерації).

Економічність ПТУ можна також підвищити збільшенням початкових параметрів пари (p_1 і T_1). Однак з підвищенням початкового тиску p_1 точка 2 в

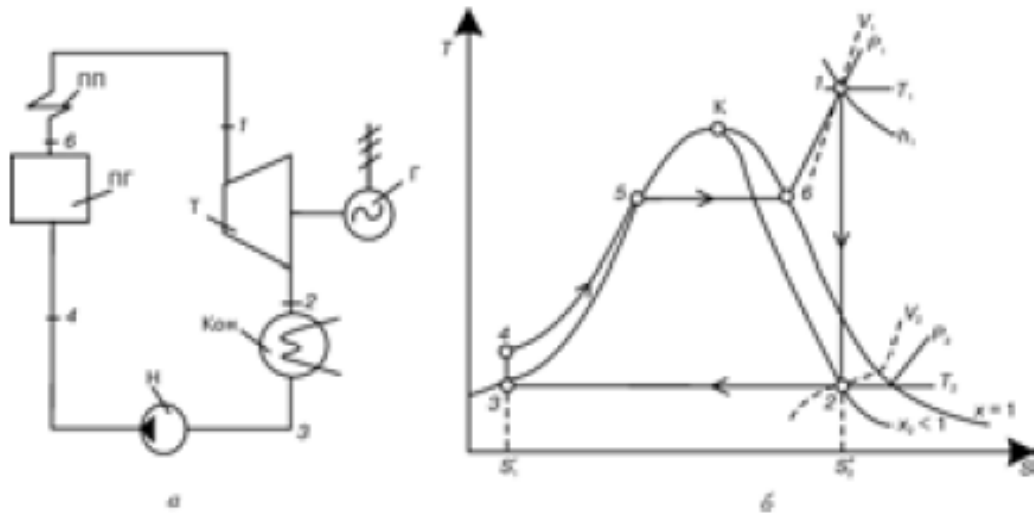


Рисунок 2.5 – Схема (а) і термодинамічний цикл (б) ПТУ:

ПП – пароперегрівник; ПГ – парогенератор; Т – турбіна; Кон – конденсатор; Н – насос; Г – електрогенератор; К – критична точка (для води: $t_{кр} = 374,15$ °С; $P_{кр} = 22,129$ МПа).

Ts-діаграмі зміщується в її ліву область, тобто вологість пари зростає (при цьому ступінь сухості падає $x < 1$) вище припустимих норм вологості.

На рис. 2.6 наведено схему ГТУ простого типу, основними елементами якої є турбіна, компресор і камера згорання. У Ts-координатах наведено цикл Брайтона. Якщо немає втрат в основних елементах ГТУ, реалізується ідеальний цикл (площа 1 – 2' – 3 – 4 – 1). Така ГТУ працює за розімкненою схемою. Атмосферне повітря (точка 1 на Ts-діаграмі) надходить у компресор, де в результаті адіабатичного стиснення (процес 1 – 2) його тиск підвищується від $p_1 = p_{атм}$ до кінцевого тиску $p_2 > p_1$. Відношення тисків $\kappa = p_2/p_1$ називають ступінь стиснення компресора. У результаті стиснення зростає і температура повітря на виході з компресора відповідно до відомого термодинамічного відношення $T_2 = T_1 \cdot \kappa^m$ (де $m = (\kappa - 1)/\kappa$; $\kappa = c_p/c_v$ – показник адіабати).

Процес 2 – 3 підведення теплоти q_1 , що утворюється за рахунок хімічної енергії згорілого палива, відбувається в камері згорання при постійному тиску

до температури T_3 , після чого продукти згорання надходять до турбіни, де розширюються до атмосферного тиску і де виробляється механічна робота.

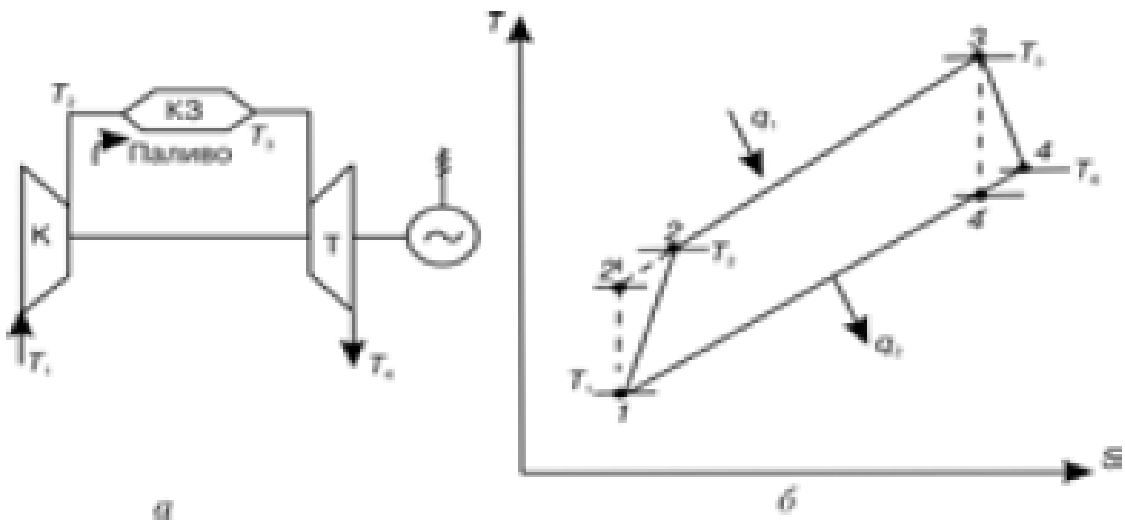


Рисунок 2.6 – Схема (а) і термодинамічний цикл (б) ГТУ простого типу:

К – компресор; КЗ – камера згорання; Т – турбіна; T_1 , T_2 , T_3 , T_4 – температури в характерних точках циклу У реальних умовах у результаті незворотних втрат у компресорі і турбіні процес розширення політропічний. З урахуванням цієї обставини конфігурація циклу буде відповідати площі 1 – 2 – 3 – 4 – 1.

Одним з недоліків ГТУ є те, що температура вихлопних газів, які викидаються в атмосферу, сягає $400...500\text{ }^\circ\text{C}$ і вище. Цим обумовлюється її відносно низький ККД. Щоб збільшити ККД, ГТУ можна виконати з регенератором, який являє собою теплообмінник поверхневого типу. У такій ГТУ повітря після компресора потрапляє в регенератор, де за рахунок теплоти газів, що відходять після турбіни, його температура підвищується. Одночасно знижується температура вихлопних газів, що економить паливо і збільшує ККД циклу ГТУ. Подальшого підвищення економічності ГТУ можна досягти ускладненням її схеми за рахунок застосування циклу зі ступінчастим стисненням повітря і з проміжним підведенням теплоти.

2.2 Комбіновані установки

Комбінація парових і газових турбін підвищує їх техніко-економічні показники. Цього досягають, створюючи парогазові (ПГУ) і газопарові (ГПУ) комбіновані установки.

Парогазові установки об'єднують безконтактність між продуктами згорання та парорідинним робочим тілом. Кожний з робочих агентів рухається в ізольованому контурі і взаємодіє з іншими лише у формі теплообміну в апаратах поверхневого типу.

Якщо в топці котла нормальної конструкції, що працює за схемою з передвключеною ГТУ, не спалювати додаткове паливо, то вона перетвориться на утилізатор теплоти димових газів.

У газопарових установках продукти згорання безпосередньо контактують з пароводяним робочим тілом. Майже в усіх установках цієї групи переважна частина об'єданого потоку робочого тіла припадає на газоподібні продукти згорання. Установки з упорскуванням води в газовий тракт називають газопарові контактні. Випаровування в установках цього типу відбувається в потоці продуктів згорання. Однак можна застосовувати схеми, що використовують газопарові суміші, де пара генерується в апаратах поверхневого типу. Утворення пари в поверхневих апаратах створює ряд специфічних умов як для видалення солей, так і для основних термодинамічних процесів. Тому такі установки слід називати, на відміну від попередніх, газопарові установки напівконтактного типу. Основні особливості цієї установки: можливість повного знесолення пари, що надходить у газовий тракт, і зменшення теплових втрат.

Якщо генерація пари відбувається тільки за рахунок теплоти турбіни, то ККД комбінованої установки наближається до ККД звичайної ГТУ в умовах надзвичайного підвищення тиску.

Значної переваги ця схема набуває в теплофікаційних установках, де пару з котла-утилізатора можна використовувати (залежно від графіка навантажень), щоб задовольнити теплові потреби або зняти піки електричного навантаження. Однак кількість генерованої пари лімітовано можливістю скидної теплоти.

Схему можна застосувати на підприємствах, де є підведення газу і джерело низькопотенційної скидної теплоти. Малі масштаби установки – переваги перед ТЕЦ. Основною особливістю ГПУ є те, що вони можуть

працювати тільки на рідкому і газоподібному паливі, зокрема на продуктах газифікації твердого палива (тоді треба очистити продукти згорання від твердих абразивних домішок).

Що стосується ПГУ, то вони можуть працювати на всіх видах палива, включаючи і тверде, в залежності від конкретної схеми їх виконання.

2.3 Технологічні показники парових турбін

Парові і газові турбіни є складовою частиною ПТУ і ГТУ і їх характеристики суттєво впливають на техніко-економічні показники, що характеризують роботу всієї установки. Робота турбін у складі ПТУ і ГТУ визначається відповідними показниками. До основних показників належать: номінальна і максимальна потужність, номінальний тиск і температура робочого тіла на вході в турбіну, питомі витрати і коефіцієнт корисної дії. Крім цього, є інші параметри, які контролюють у процесі роботи турбіни, щоб підтримати її техніко-економічні показники в номінальному режимі.

Розглянемо основні характеристики парових турбін.

Номінальні початкові параметри пари – номінальний тиск і номінальна температура пари перед стопорним клапаном турбіни. Температура пари після проміжного перегріву – початкова температура пари перед циліндром середнього тиску. Температура живильної води після регенеративного підігріву – температура за останнім по ходу води регенеративним підігрівником. Номінальна температура охолоджувальної води – температура охолоджувальної води на вході в конденсатор, при якій завод-виробник гарантує значення питомої витрати теплоти і витрату пари на турбіну. Номінальний відбір – найбільша кількість пари відбору за одиницю часу для номінальної потужності турбіни і рівня інших параметрів в межах допуску, обумовленого відповідним стандартом. Номінальна потужність конденсаційної турбіни – найбільша потужність на клеммах генератора, яку турбіна має довгостроково розвивати при номінальних значеннях усіх інших основних параметрів і відборах пари на постійні власні потреби енергоустановки.

Номінальна потужність теплофікаційної турбіни і турбіни з протитиском – найбільша потужність на клеммах генератора, яку турбіна має довгостроково розвивати при номінальних значеннях основних параметрів. Максимальна потужність конденсаційних турбін (К) – потужність, якої досягають з максимальною витратою пари через стопорні клапани і з відключенням теплових споживачів, передбачених технічними умовами. Максимальна потужність теплофікаційної турбіни і турбіни з протитиском – найбільша потужність на клеммах генератора, яку турбіна має довгостроково розвивати з витратами пари у визначених співвідношеннях тисків у відборах з протитиском і номінальних значеннях інших основних параметрів.

Турбіни мають допускати тривалу роботу з відхиленнями початкових параметрів свіжої пари і температури проміжного перегріву пари від номінальних значень у заданих межах.

Економічність турбін характеризується ККД, що показує, яка частка підведеної теплоти перетворюється на механічну роботу.

Ступінь удосконалення турбіни визначається порівнянням її ККД з ККД ідеальної турбіни, яка не має внутрішньої втрати теплоти на тертя тощо.

Контрольні запитання

1. Характеристика і принцип роботи ПТУ.
2. Характеристика і принцип роботи ГТУ.
3. Особливості роботи установок.
4. Типи паротурбінних і комбінованих установок.
5. Загальна схема і термодинамічний цикл ПТУ.
6. Класифікація, параметри і типові цикли паротурбінних установок.
7. Схеми і термодинамічні цикли газотурбінних установок.
8. Особливості парогазових і газопарових установок.
9. Технологічні показники паротурбінних установок.

Тема 3 КОТЕЛЬНІ УСТАНОВКИ

3.1 Головні складові організації процесів отримання теплової енергії.

Котельною установкою називають конструктивно об'єднаний в єдине ціле комплекс котельного агрегату та допоміжного обладнання. Котельний агрегат являє собою сукупність пристроїв, механізмів та елементів, об'єднаних між собою для виробництва водяної пари або теплої води потрібних параметрів. До допоміжного обладнання належать вентилятори, димососи, хімводоочищення, системи підготовки і подачі палива та золошлаковидалення, обладнання для очищення димових газів, димова труба тощо.

Залежно від виду виробленого робочого тіла котельні установки підрозділяють на парові, що виробляють водяну пару потрібних параметрів, і водогрійні, що видають гарячу воду визначеної температури та тиску.

За призначенням котельні установки поділяють на енергетичні, промислові, опалювально-промислові та опалювальні. В енергетичних котельних установках виробляють пару високого ($p < 9$ МПа) і середнього ($p < 3,5$ МПа) тиску, призначену для подальшого перетворення в парових турбінах на ТЕС.

Важливою ознакою класифікації котельних установок є розміщення в них продуктів горіння палива і робочого тіла (води, водяної пари).

Виробничі котельні установки призначено для одержання водяної пари або гарячої води на різні технологічні потреби. В опалювальних котельних установках виробляють водяну пару низького тиску або нагрівають воду лише для опалення, вентиляції і гарячого водопостачання житлових будинків і виробничих споруд.

Котельні установки, у яких продукти горіння рухаються в трубках, а вода – ззовні труб, називають газотрубними, інакше – водотрубними (вода рухається в трубках, а гази – ззовні).

Опалювальні й опалювально-промислові котельні установки можуть бути газотрубні і водотрубні, для енергетичних цілей використовують лише водотрубні котли.

Важливою ознакою, за якою класифікують парові котельні установки, є спосіб руху в них робочого тіла. За цією ознакою вони можуть бути з природною, примусовою та комбінованою циркуляцією.

Джерелом теплової енергії в котельних установках є органічне паливо. Робочим тілом є вода, в окремих випадках використовують органічні висококиплячі рідини, наприклад даутерм, дифеніг та ін. Застосування останніх зумовлене їх особливими теплофізичними властивостями, насамперед високою температурою кипіння і конденсації при низькому (порівняно з водою) тиску. Це дозволяє підвищити ККД бінарного циклу, у якому водяна пара забезпечує можливість використання нижньої температурної границі, а органічні рідини – верхньої.

Робочий процес у котельних установках складається з таких кінцевих стадій: 1) горіння палива; 2) теплопередача від гарячих димових газів до води або пари; 3) пароутворення (нагрівання води до кипіння і її випаровування) і перегрів насиченої пари.

Котельна установка складається з котла відповідного типу і допоміжного устаткування, що забезпечує його роботу.

Основними елементами котла є топка і теплообмінні поверхні. Взаємне розміщення топки і газоходів, у яких знаходяться теплообмінні поверхні нагріву, тобто компоновка котла визначається властивостями палива, паровою потужністю та кінцевими параметрами пари.

Допоміжне устаткування котла – це дуттьові вентилятори і димососи для подання повітря в котел і евакуації з нього в атмосферу продуктів згорання; бункери, живильники сирого палива і пилу; вуглерозмельні млини для забезпечення безупинного подання і підготовки пилоподібного палива потрібної якості; золовловлювальне і золошлакотранспортувальне обладнання для очищення димових газів від золових частинок з метою охорони

навколишнього середовища від забруднення і для організованого виведення вловленої золи і шлаку; пристрої для профілактичного очищення зовнішньої поверхні труб котла від забруднень; контрольно-вимірвальна апаратура; водопідготовчі установки для обробки вихідної (природної) води до заданої якості.

Основними елементами котельної установки є поверхні нагріву, призначені для передачі теплоти від теплоносія до робочого середовища (води, пароводяної суміші, водяної пари або повітря). Залежно від процесів перетворення робочого тіла розрізняють нагрівальні, випарні і перегрівальні поверхні нагріву.

Теплоту від продуктів згорання до поверхні нагріву можна передавати випромінюванням (радіацією) і конвекцією. Відповідно до цього поверхні нагріву поділяють на радіаційні, конвективні та радіаційно-конвективні (напіврадіаційні).

До конвективної нагрівальної поверхні належать економайзер 18 (рис. 3.1), призначений для підігріву живильної води, що надходить у котел. Економайзер розміщують у зоні відносно невисоких температур у конвективній опускній шахті.

Випарними є поверхні нагріву, розміщені в зоні найвищих температур топки 9 або в газоході за нею. Це найчастіше радіаційні або радіаційно-конвективні поверхні нагріву – екрани, фестони, котельні пучки. Екранні поверхні 12 – це поверхні нагріву котла, розміщені на стінах топки і газоходів, що захищають їх від впливу високих температур. Екрани можуть бути також встановлені всередині топки (двосвітні екрани, що піддаються двосторонньому опромінюванню).

Перегрівальні поверхні нагріву можуть бути радіаційними, ширмовими і конвективними: радіаційні перегрівники розміщують на стінах топки або на її стелі. Ширмові перегрівники 15 – це поверхні нагріву, у яких ширми розміщено з великим поперечним кроком труб, які одержують теплоту випромінюванням і конвекцією приблизно в рівних кількостях. Конвективні перегрівники 16

встановлюють у газоходах: у перехідному горизонтальному або на початку (по ходу газів) конвективної шахти.

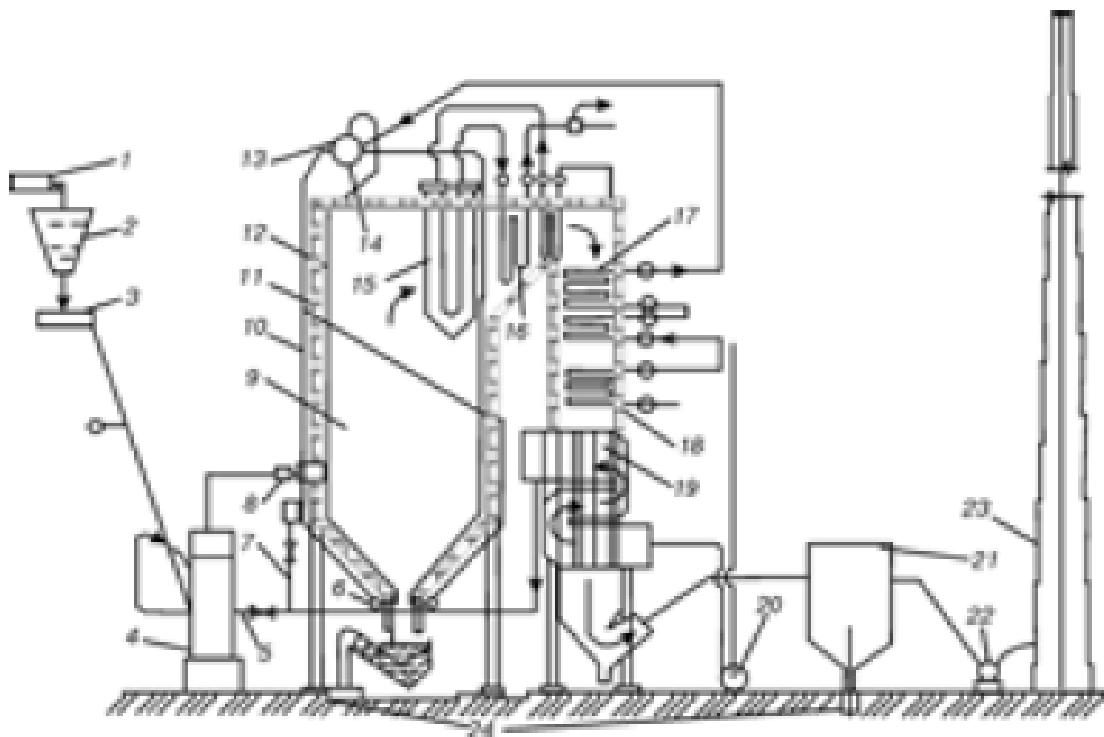


Рисунок 3.1 – Технологічна схема котельної установки: 1 – конвеєр; 2 – бункер; 3 – живильник; 4 – млин; 5 – короб первинного повітря; 6 – нижній розподільний колектор; 7 – короб вторинного повітря; 8 – пальники; 9 – топка; 10 – опускні труби; 11 – обмурівка котла; 12 – підйомні труби; 13 – 14 – барабан; 15 – ширмові перегрівники; 16 – конвективний перегрівник; 17 – другий ступінь економайзера; 18 – перший ступінь економайзера; 19 – повітропідігрівник; 20 – вентилятор; 21 – газоочистка; 22 – димосос; 23 – димова труба; 24 – виведення золи та шлаку

Сукупність послідовно розміщених по ходу робочого тіла поверхонь нагріву, трубопроводів, що їх з'єднують, і встановлених додаткових пристроїв складає пароводяний тракт котла. До основного пароводяного тракту котла входять економайзер 18, труби відводу, барабан 14, опускні труби 10 і нижній розподільний колектор 6, екрани, стельовий перегрівник, перший та другий ступінь конвективного перегрівника 16. Проміжний перегрівник 17 є елементом пароводяного тракту проміжного перегріву пари (див. рис. 3.1).

Устаткування для подання палива до пальників 8 і підготовки його до спалювання являє собою паливний тракт котла. Він містить конвеєр 1, бункер 2, живильники 3 вологого палива та пилу. Бункери вологого палива, призначені

для зберігання постійно відновлюваного запасу палива, забезпечують безупинну роботу котла. Живильники вологого палива – пристрої для дозування і подання палива з бункера до млинів 4, призначені для одержання вугільного пилу потрібної якості. До млина одночасно з паливом для його підсушки (за допомогою короба 5) подають сушильний агент, найчастіше – повітря.

Повітряний тракт котельної установки складають забірний повітровід, дуттьовий вентилятор 20, повітропідігрівник 19, короби 5 і 7 первинного і вторинного повітря (рис. 3.1). Усі елементи повітряного тракту (крім забірної повітроводи) знаходяться під надлишковим тиском, що забезпечує дуттьовий вентилятор. Підігріте в повітропідігрівнику повітря використовують для сушіння палива, що дозволяє підвищити інтенсивність і економічність його горіння. Розрізняють рекуперативні і регенеративні повітропідігрівники.

Теплота від продуктів згорання до повітря в рекуперативному повітропідігрівнику передається через їх теплообмінну відокремлювальну поверхню (рис.3.2).

У регенеративному повітропідігрівнику (РПП) процес передачі теплоти від гарячих газів до повітря відбувається через ту саму теплообмінну поверхню, що контактує послідовно з газами та повітрям .

Продукти згорання проходять послідовно всі поверхні нагріву і після очищення від золи в золовловлювачах 21 виводяться через димову трубу 23 в атмосферу (див. рис. 3.1). Усе це становить газовий тракт котла, що може знаходитися під тиском дуттьового вентилятора або під розрідженням. В останньому випадку в газовому тракті після золовловлювачів установлюють димосос 22.

Пристрої 25, призначені для шлаковидалення, золовловлювачі 21 і канали 24 входять до тракту золошлаковиведення (див. рис. 3.1).

Елементами котла є обмурівка і каркас. Обмурівка 12 – система вогнетривких і теплоізоляційних захисних засобів або конструкцій, призначених зменшити теплові втрати і забезпечити газощільності. Каркас 13 –

несуча металева конструкція, що приймає навантаження від маси котла з робочим тілом, яке знаходиться в ньому, і всі інші можливі навантаження і забезпечує потрібне взаємне розміщення елементів котла. На каркасі котла передбачено площадки обслуговування і перехідні сходи.

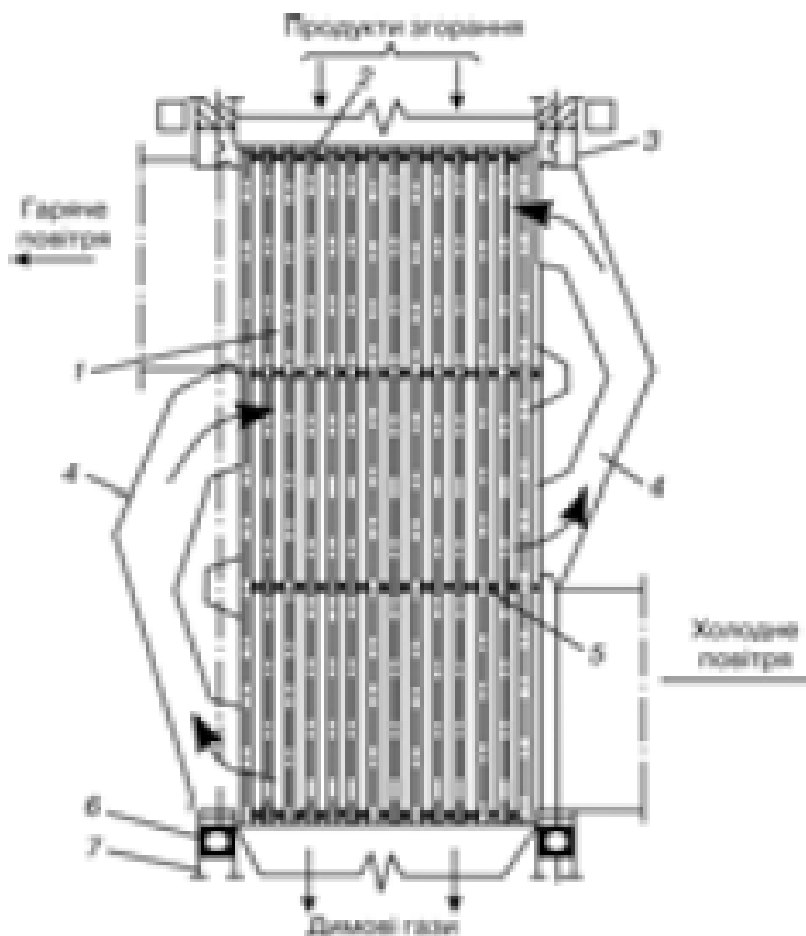


Рисунок 3.2 – Конструкція рекуперативного одноходового за газом і триходового за повітрям трубчастого повітропідігрівника:

1 – труби поверхні нагріву; 2, 5 – трубні дошки; 3 – трилінзовий компенсатор; 4 – повітряний короб; 6 – опорна балка; 7 – колони

Котли класифікують залежно від виду відповідного тракту і його устаткування. За видом палива і відповідного паливного тракту розрізняють котли для газоподібного, рідкого і твердого палива.

За газоповітряним трактом розрізняють котли з природною, врівноваженою тягою і з наддуванням. У котлі з природною тягою опір газового тракту долається під дією різниці густини (питомої маси) атмосферного повітря і газу в димовій трубі. Якщо опір газового тракту (так само, як і повітряного) долається за допомогою дуттьового вентилятора, то

котел працює з наддуванням. У котлі з врівноваженою тягою тиск у топці і на початку газоходу (поверхня нагріву 15) підтримується близьким до атмосферного спільною роботою дуттьового вентилятора і димососа. Котли зазвичай виготовляють газощільними.

За видом пароводяного тракту розрізняють барабанні і прямотечійні котли. У всіх типах котлів через економайзер і перегрівник вода і пара проходять одноразово. У барабанних котлах пароводяна суміш у випарних поверхнях нагріву циркулює багаторазово (від барабана по опускних трубах до колектора і до барабана). В котлах з примусовою циркуляцією перед входом води у випарні поверхні встановлюють додатковий насос. У прямотечійних котлах робоче тіло по всіх поверхнях нагріву проходить одноразово під дією напору, що створює живильний насос.

Технологія одержання водяної пари для барабанних і прямотечійних котлів різна. Барабанні котли широко застосовують на ТЕС. Наявність одного або декількох барабанів з фіксованою границею поділу між парою і водою є характерною особливістю цих котлів.

Замкнуту систему, що складається з барабана, опускних труб, колектора і випарних поверхонь, по якій багаторазово рухається робоче тіло, називають контур циркуляції, а рух води в ньому – циркуляція. Рух робочого середовища, зумовлений тільки різницею густини води в опускних трубах і пароводяній суміші в підйомних, називають природна циркуляція, а паровий котел – барабанний з природною циркуляцією. Природна циркуляція можлива лише в котлах з тиском пари, що не перевищує 18,5 МПа. Якщо тиск більший, то через малу різницю густини пароводяної суміші та води стійкий рух робочого середовища в циркуляційному контурі забезпечити важко. Якщо рух середовища в циркуляційному контурі створює насос, то циркуляцію називають примусовою, а паровий котел – барабанним з примусовою циркуляцією. Примусова циркуляція дозволяє виконувати екрани з труб меншого діаметра як з підйомним, так і з опускним рухом середовища в них. До недоліків такої циркуляції слід віднести потребу встановити спеціальні насоси

(циркуляційні), що мають складну конструкцію і потребують додаткової витрати енергії на їх роботу.

У прямотечійних котлах барабана немає. Живильна вода в них, як і в барабанних котлах, послідовно проходить економайзер, випарні і перегрівальні поверхні. Рух робочого середовища в поверхнях нагріву одноразовий, його створює живильний насос. З випарної поверхні виходить пара. Це дозволяє відмовитися від металоємного барабана. Надійне охолодження металу труб випарної поверхні забезпечує відповідні швидкості руху робочого середовища. У прямотечійних котлах немає чітких меж між економайзерною, випарною та пароперегрівальною поверхнями. Зміна параметрів живильної води (температура, тиск), характеристик палива, повітряного режиму змінює співвідношення площ цих поверхонь. Так, зі зниженням тиску в котлі зменшуються розміри економайзерної ділянки (зона підігріву), збільшується випарна зона (через зростання теплоти пароутворення) і дещо скорочується зона перегріву.

Прямоточні котли порівняно з барабанними мають значно менший об'єм акумулювального робочого тіла. Тому для їх роботи потрібна чітка синхронізація подання води, палива і повітря. Вони можуть бути як докритичного, так і понадкритичного тиску.

3.2 Допоміжні системи і пристрої котельних установок

Допоміжні системи і пристрої котельних установок містять: систему транспорту і паливопідготовки, систему водопідготовки і водного режиму, систему золовловлювання й очищення димових газів, систему тягодуттьових пристроїв, насоси живильної води, димову трубу.

Котельну установку також обладнують різними регульовальними запорними і захисними пристроями, а також системою автоматичного регулювання, що підвищує економічність і надійність її роботи. Потреба в тих або тих допоміжних пристроях і їх елементах залежить від призначення котельної установки, виду палива і способу його спалювання.

Системи пилоприготування у процесі спалювання вугілля складаються з пристроїв подрібнення і сушіння палива, його дозування, транспортування і нагромадження. Середовище, що використовується для сушіння палива, називають сушильним агентом. Як сушильний агент палива можна використовувати гаряче повітря, гарячі продукти згорання, водяну пару або їх суміші. Газоподібне середовище з випареною вологою після процесу сушіння вугілля називають відпрацьованим сушильним агентом.

За типом зв'язку розмелювальних пристроїв з котлами розрізняють два види систем пилоприготування: центральні та індивідуальні.

У центральних системах пилоприготування сушіння і розмел вугілля винесено за межі котельних цехів. Іноді сушіння виконують на сушильному заводі.

В індивідуальних системах пилоприготування пристрої для розмелу і сушіння вугілля знаходяться в котельному цеху і пов'язані з роботою котла як у часі, так і за сушильним агентом (повітря або продукти згорання, що забирають з котла).

Індивідуальні системи пилоприготування найбільше поширені. Їх поділяють на системи з прямим вдювом пилу і з проміжними бункерами готового пилу. У системах прямого вдюву вугільний пил після сушіння подається до пальників топкової камери. У системах з проміжними бункерами пил після відділення від сушильного агента нагромаджується в бункерах.

Вибір типу млинів визначається типом твердого палива. На котел устанавлюють не менше двох млинів.

Розмелювальні пристрої розрізняються за принципом подрібнення і швидкістю руху подрібнювальних органів.

Молоткові млини широко використовують для підготовки до спалювання кам'яного вугілля зі значним виходом летких ($V_{л}^r > 30\%$), бурого вугілля, сланців і фрезерного торфу. Вони належать до швидкохідних млинів, мають частоту обертання $9,8...16,5 \text{ с}^{-1}$. Млини-вентилятори також належать до швидкохідного типу млинів (частота обертання $9,8...24,5 \text{ с}^{-1}$).

Шарові барабанні млини встановлюють у системах пилоприготування для абразивного вугілля з низькою розмельністю, а також щоб одержати тонке мливо (антрацити, напівантрацити, деяке кам'яне і буре вугілля). Вони мають знижену чутливість до наявності металу, є універсальними і можуть працювати на будь-якому паливі. Їх відносять до тихохідного типу млинів (частота обертання $0,25 \dots 0,4 \text{ c}^{-1}$).

Системи водопідготовки і водяного режиму котельної установки забезпечують хімічну підготовку живильної води і відновлення втрат конденсату за рахунок відповідної обробки природної води, що містить ту або ту кількість шкідливих для роботи котла домішок (розчинених солей і газів і нерозчинених завислих речовин). Найшкідливішими є солі жорсткості (різні сполуки кальцію і магнію, розчинність яких у воді незначна) і корозійноактивні гази (кисень і вуглекислий газ). Солі жорсткості, що відкладаються на поверхнях нагріву, створюють щільний шар накипу. Речовини, що кристалізуються в об'ємі води, утворюють завислі в ній частинки у вигляді шламу. Теплопровідність накипу ($0,1 \dots 0,2 \text{ Вт/мК}$) в багато разів менша від теплопровідності металу, тому через накип малої товщини різко погіршується теплопередача від газів до води і підвищується температура стінок труб. Це, у свою чергу, знижує економічність котла в результаті підвищення температури димових газів і зменшує строк служби металевих стінок поверхонь нагріву.

Щоб запобігти відкладенню накипу, природну воду попередньо спеціально обробляють: освітлюють – видаляють механічні домішки відстоюванням і фільтруванням; пом'якшують – видаляють накипоутворювачі і деаерують – видаляють розчинені у воді гази.

У процесі пароутворення концентрація солей води, що знаходиться в об'ємі котла, збільшується. Для підтримки її на сталому рівні, що виключає випадання солей з розчину, застосовують безупинну або періодичну продувку, під час якої з барабана котла виводиться деяка частина води з великою концентрацією солей.

Для котлів малої потужності використовують лише внутрішньокотлову обробку води, коли в живильну воду додають хімічні речовини – антинакипіни, що вступають в реакцію з солями і сприяють випаданню їх в вигляді шламу, який видаляють продувкою.

Щоб зменшити винесення солей з парою і небажане відкладення їх в трубах пароперегрівника і проточної частини турбіни, застосовують сепарацію пари в спеціальних пристроях барабана котла, що забезпечують відділення крапель води від пари.

Система очищення газів існує у зв'язку з тим, що в продуктах згорання палива містяться шкідливі для навколишнього середовища токсичні складові: летка зола, оксиди сірки SO_2 і SO_3 і азоту NO і NO_2 . Під час роботи котельної установки на твердому паливі обов'язково треба застосовувати зололовлювачі. За принципом дії зололовлювачі поділяють на механічні сухі і мокрі й електростатичні. Механічні сухі зололовлювачі циклонного типу відокремлюють частинки від газу за рахунок відцентрових сил під час обертального руху потоку. Ступінь вловлювання золи в них 75-80 % при гідравлічному опорі 0,5...0,7 кПа.

Механічні мокрі зололовлювачі являють собою вертикальні циклони з водяною плівкою, що стікає по стінках. Ступінь вловлювання золи в них дещо вищий, ніж в механічних, і перевищує 80-90 %. Електрофільтри забезпечують високий ступінь очистки газів (95-99 %) при гідравлічному опорі 150...200 Па без зниження температури і зволоження димових газів.

Газоповітряні допоміжні пристрої (вентилятори, димососи) подають повітря на горіння в топку котла й евакуюють продукти згорання.

Тяга може бути природною і штучною. Природна тяга виникає в димарі внаслідок різниці густини атмосферного повітря і гарячих газів в димарі.

В установках з великим гідравлічним опором газового тракту, коли димар не забезпечує природної тяги, застосовують штучну тягу, установлюючи димососи за котлом (після зололовлювача). Розрідження, створюване димососом, визначається гідравлічним опором газового тракту і потребою

підтримувати розрідження в топці на рівні 20...30 Па. В невеликих котельних установках розрідження, створюване димососом, становить 1...2 кПа, а в потужних – 2,5...3 кПа.

Для подачі повітря в топку і подолання гідравлічного опору повітряного тракту (повітроводів, повітропідігрівника, шару палива або пальників) перед повітропідігрівником встановлюють вентилятори. Опір повітряного тракту котла малої потужності становить 1...1,5 кПа, великої – 2...2,5 кПа.

Система автоматичного регулювання котельних установок забезпечує зміну навантаження установки, зберігаючи задані параметри (тиск і температура пари) та максимального ККД установки. Крім того, ця система підвищує безпеку, надійність і економічність роботи котла, скорочує кількість обслуговуючого персоналу і полегшує умови його роботи. Автоматичне регулювання котла включає регулювання подачі води, температури перегрітої пари та процесу горіння. Живлення котла можна регулювати, щоб забезпечити відповідність між витратами води, що подається в котел, і виробленої пари, що характеризується сталістю рівня води в барабані.

У котельних установках, які працюють на пилоподібному паливі, можна також регулювати роботу системи пилоприготування регулятором завантаження млинів, що забезпечують сталість завантаження кульових барабанних млинів, і регулятором температури пилоповітряної суміші за млином.

Система керування котла має забезпечувати його роботу з заданими оптимальними техніко-економічними показниками. Вирішення цього завдання визначається досконалістю комплексу устаткування котельної установки, а також кваліфікацією і досвідом персоналу.

Експлуатація котлів має забезпечувати надійне й економічне виробництво теплоносія (пари або гарячої води) потрібних параметрів і безпечні умови праці персоналу. Щоб дотримати цих вимог, треба експлуатувати котел згідно із чинними законами, положеннями, правилами, нормами і керівними вказівками.

Обслуговування під час робіт. Цю функцію виконує персонал відповідно до режимної карти, у якій зазначено рекомендовані технологічні та економічні показники роботи котла в умовах різних навантажень: тиск і температура пари і живильної води, уміст шкідливих домішок у димових газах, температура димових газів і розрідження в газовому тракті, коефіцієнти надлишку повітря і його тиски у повітряному тракті та ін.

3.3 Тепловий баланс і теплова економічність котельної установки

Тепловий баланс складають на підставі нормативних матеріалів на 1 кг витраченого твердого або рідкого палива (або на 1 м³ газоподібного палива) або у відсотках від підведеної теплоти. Тепловий баланс зумовлює рівність між корисною $Q_{\text{кор}}$ і підведеною $Q_{\text{р}}^{\text{п}}$ (витраченою) теплотою, віднесеної до 1 кг (м³) поданого до котла палива (рис. 3.3):

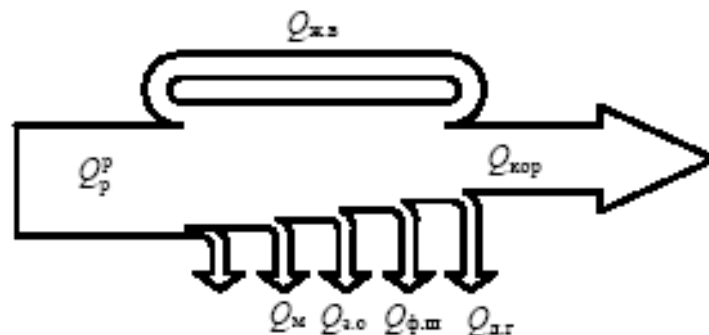


Рисунок 3.3 – Схема теплового балансу котла

$$Q_{\text{р}}^{\text{п}} = Q_{\text{кор}} + \sum Q_i,$$

де $Q_{\text{кор}}$ – корисна теплота, потрібна для генерації пари; $\sum Q_i$ – сума втрат теплоти в котлі. Підведену теплоту $Q_{\text{р}}^{\text{п}}$ визначають як суму теплоти згорання палива $Q_{\text{н}}^{\text{п}}$, фізичної теплоти повітря $Q_{\text{ф.пов}}$ і фізичної теплоти палива $Q_{\text{ф.п}}$, тобто

$$Q_{\text{р}}^{\text{п}} = Q_{\text{н}}^{\text{п}} + Q_{\text{ф.пов}} + Q_{\text{ф.п}}.$$

Якщо котел генерує пару, то корисну теплоту визначають за формулою

$$Q_{\text{кор}} = D (h_{\text{п.п}} - h_{\text{ж.в}}) / B,$$

де D – витрата пари, кг/с; $h_{\text{п.п}}$ і $h_{\text{ж.в}}$ – ентальпія відповідно перегрітої пари і живильної води, кДж/кг; B – витрата палива, кг/с.

Загальна втрата теплоти ΣQ_i складається з суми втрат теплоти: з димовими газами $Q_{д.г} = Q_2$, хімічної $Q_x = Q_3$ і механічної $Q_m = Q_4$ неповноти згорання, від зовнішнього охолодження $Q_{з.о} = Q_5$ і з фізичною теплотою шлаків $Q_{ф.ш} = Q_6$.

Відношення корисно використаної в котлі теплоти до підведеної представляє ККД-брутто котла

$$\eta^{бр}_{к.а} = Q_{кор} / Q_p^P = 1 - (Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6) / Q_p^P$$

або у відсотках від корисно використовуваної теплоти

$$\eta^{бр}_{к.а} = [1 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6)] 100 \%,$$

ККД котельної установки, що враховує витрати котла на власні потреби (привід насосів, вентиляторів, димососів тощо), називають ККД-нетто:

$$\eta^{н}_{к.у} = \eta^{бр}_{к.а} - q_{в.п.}$$

де $q_{в.п.} = 4-7 \%$ – витрата енергії на власні потреби, віднесена до Q_p^P .

Втрати теплоти q_2 з димовими газами зазвичай становлять 5-10 % відносно теплоти Q_p^P .

Втрати теплоти від хімічної неповноти згорання палива $q_3 = 100 Q_3 / Q_p^P$ виникають тільки, якщо в продуктах згорання є горючі газоподібні компоненти (H_2 , CO , CH_4 , C_mH_n та ін.) унаслідок неповного вигорання палива в межах топкового об'єму котла. За його межами горючі гази не догорають через низькі температури вздовж газового тракту котла. Причинами появи хімічної неповноти згорання можуть бути: неякісне сумішоутворення, особливо на початкових стадіях горіння палива; загальна нестача повітря; низька температура в топковому об'ємі котла, особливо в зоні догорання палива.

Якщо коефіцієнт надлишку повітря достатній і сумішоутворення в топках сучасних котлів якісне, то втрати теплоти з хімічною неповнотою згорання становлять: для камерного спалювання $q_3 = 0-0,5 \%$; для шарового спалювання $q_3 = 0,5-2 \%$.

Щоб знизити рівень q_3 , поліпшують умови змішування газів, особливо в зоні їх догорання, застосовуючи гостре дуття, і підвищують температуру в зоні горіння, підігрівши повітря, що подається в топку. Працюючи в розрахункових

режимах, нормально експлуатуючи котел і добре спроектовану топку, втрати q_3 практично можна довести до нуля.

Втрати теплоти від механічної неповноти згорання q_4 для шарових топок залежать від теплової напруги топкового об'єму і пов'язані з тим, що паливо провалюється через решітку $q_{4пр}$, потрапляє в шлак $q_{4шл}$ і уноситься газами $q_{4ун}$. Втрати теплоти зі шлаком ($q_{4шл}$) зростають зі збільшенням зольності палива, зростанням теплової напруги топки і з переходом на спалювання палива з меншим виходом летких.

Втрати теплоти з провалом ($q_{4пр}$) залежать від сорту палива (відносно його спіклivosti), умісту в паливі дріб'язку і від конструкції колосникової решітки. Якщо використано так звану безперевальну колосникову решітку, то рівень $q_{4пр}$ не перевищує 0,5-1 %.

У камерних топках рівень q_4 переважно визначається теплотою $q_{4ун}$ і знаходиться в межах 0-0,5 %, причому верхня границя належить до твердих палив з малим виходом летких марок АСШ і ПА. Під час спалювання вугілля з великим виходом летких рівень q_4 не перевищує 0,5-1,5 %. Під час спалювання твердих палив з рідким шлаковилученням втрати теплоти q_4 знижуються у зв'язку з кращими умовами вигорання частинок у межах топкового об'єму.

Втрати теплоти від зовнішнього охолодження q_5 виникають тому, що температура зовнішньої поверхні котла завжди вища за температуру навколишнього середовища, вони змінюються обернено пропорційно потужності котла.

Втрати теплоти з фізичною теплотою шлаку q_6 виникають тому, що шлак, який видаляється з топкового об'єму, має вищу температуру, ніж середовище, у яке його відводять.

Камерне спалювання палива з твердим шлаковиведенням зумовлює втрати теплоти q_6 , які враховують тільки, якщо спалюють високозольні палива, температуру шлаку приймають на рівні 600-700 °С. Для рідкого шлаковиведення температуру шлаку вибирають за довідковими таблицями

палива. Під час шарового спалювання палива, а також камерного з рідким шлаковиведенням втрати теплоти q_6 сягають 1-2 % і вище.

Витрату палива V для виробництва теплоносія із заданими параметрами визначають з теплового балансу котла:

$$Q_{\text{кор}} = V Q_{\text{н}}^{\text{р}} \eta_{\text{к.а.}}^{\text{бр}}$$
$$V = Q_{\text{кор}} / (Q_{\text{н}}^{\text{р}} \eta_{\text{к.а.}}^{\text{бр}}).$$

Основні показники роботи котелень можна розподілити на технологічні, що визначають функціональні залежності робочих процесів, економічні і режимні. Останні показники визначають за даними технічної та економічної звітності. Їх аналіз дозволяє установити причини відхилення від заданих нормативів, виявити і використовувати резерви виробництва і можливості підвищення рентабельності роботи.

Питому витрату умовного палива на тонну виробленої пари даних параметрів (т/т) визначають із співвідношення

$$b_{\text{бр}} = V Q_{\text{н}}^{\text{р}} 10^{-3} / D 29,4 ,$$

де D – кількість виробленої пари, т/міс. або т/рік.

Основними показниками режиму роботи котла є річний коефіцієнт робочого часу η_{τ} , коефіцієнти використання теплової потужності котла $K_{\text{вик}}$ і кількість годин використання встановленої потужності τ_0 . Річний коефіцієнт робочого часу у відсотках визначають зі співвідношення

$$\eta_{\tau} = \tau_{\text{роб}} 100 \% / 8760 ;$$

коефіцієнт використання теплової потужності котлів у відсотках визначають зі співвідношення

$$K_{\text{вик}} = \Sigma D 100 \% / \Sigma D_0 \tau ,$$

де ΣD – сумарне виробництво пари котлами, т/рік; ΣD_0 – сумарна номінальна потужність котлів, т/рік; τ – фактичний час роботи котлів, год.

Кількість годин використання встановленої потужності котлів визначає термін безупинної роботи котлів при їх номінальній потужності

$$\tau_0 = \Sigma D / \Sigma D_0.$$

Використання встановленої потужності котлів визначається графіком навантаження, резервною продуктивністю, надійністю встановленого устаткування тощо. Велика кількість годин використання встановленої потужності характеризує постійний режим роботи, меншу кількість зупинів агрегатів і меншу тривалість простою їх в ремонті або резерві. Зі збільшенням кількості годин використання встановленої потужності економічність котлів зростає. Зниження економічності роботи зі збільшенням кількості годин використання встановленої потужності вказує на роботу агрегатів з неекономічним навантаженням або на погіршення їх технічного стану.

Найважливішим підсумковим показником, що комплексно відображає технічний рівень стану устаткування експлуатації котлів, є собівартість відпущеної пари. Витрати на генерацію пари поділяють на змінні, що залежать від кількості виробленої пари, і постійні, що мало залежать від цього показника. Перемінні витрати складаються з витрат на паливо, електроенергію, воду і допоміжні матеріали, постійні – із заробітної плати з нарахуваннями, амортизації будинків, споруджень і устаткування, витрат на поточний ремонт й інші витрати.

Основною частиною собівартості пари є паливна складова, що може доходити до 70 %. Суттєвою складовою собівартості пари є також витрати на електроенергію для власних потреб під час роботи котла, які треба враховувати, починаючи з системи паливоподачі. Ураховують також вартість води на живлення котла і її очищення, вартість води на охолодження елементів устаткування, вартість мастильних і обтиральних матеріалів, куль і биток для млинів і дробарок та ін.

Враховують також витрати на заробітну плату, до яких включають усі витрати на утримання обслуговуючого персоналу, за винятком зайнятого ремонтом (ремонтні витрати відносять на рахунок амортизаційних відрахувань). Ці витрати залежать від ступеня механізації й автоматизації котельних установок. Складова заробітної плати знижується зі збільшенням кількості годин використання номінальної потужності агрегатів.

Амортизаційні витрати складаються з відрахувань від вартості будинків, споруджень і устаткування. Складова собівартості за амортизаційними відрахуваннями становить 6-2 %. Частка собівартості на поточний ремонт та інші витрати становить 10-15 % вартості пари і зменшується зі збільшенням кількості годин використання устаткування. Основними напрямками зниження собівартості пари є зменшення:

1) питомої витрати палива за рахунок підвищення ККД агрегатів і втрат палива;

2) витрати енергії на власні потреби котлів усуненням шкідливих опорів у системі пилоприготування, пароводяного і газоповітряного трактів, а також підтримкою оптимального режиму роботи устаткування;

3) чисельності обслуговуючого персоналу за рахунок комплексної механізації й автоматизації робочих процесів;

4) початкової вартості котельних установок за рахунок збільшення одиночної потужності, виготовлення агрегатів збільшеними блоками, застосування збірних будівельних конструкцій будинків і споруд тощо.

3.4 Подальший розвиток котельної техніки

Котельна техніка розвивається у таких напрямках:

1) збільшення одиничної потужності агрегатів і підвищення параметрів пари, що знижує капітальні витрати і зменшує питому витрату палива на виробництво електроенергії в паротурбінних установках, а також інтенсифікує технологічні процеси, якщо пару використовують як теплоносії;

2) спеціалізація котлів за призначенням, зокрема для технологічних агрегатів, а також за паливом, що дає можливість забезпечити оптимальні техніко-економічні показники їх роботи в конкретних умовах;

3) застосування якісніших і нових матеріалів для виготовлення котлів, удосконалювання і модульна уніфікація елементів котлів і допоміжного обладнання, що підвищує надійність їх роботи і зменшує капітальні витрати;

4) застосування раціональних конструкцій топкових пристроїв і оптимізація процесів спалювання палива, систем пилоприготування, тягодуттєвих установок, що знижує теплові втрати котлів і витрати електроенергії на власні потреби;

5) використання ефективніших систем золовловлювачів і установок для очищення продуктів згорання від оксидів сірки й азоту, що дає можливість зменшити шкідливі викиди в атмосферу;

6) підвищення теплової економічності котельних установок за рахунок використання прихованої теплоти пароутворення зі зниженням температури димових газів;

7) подальший розвиток застосування ЕОМ для комплексної автоматизації роботи котлів, що підвищує їх надійність і економічність роботи.

3.5 Котельні установки – основне базове джерело малої енергетики

Для централізованого тепlopостачання промисловості і житловокомунального господарства, а також для покриття пікових теплових навантажень у теплофікаційних системах призначені районні котельні. Їх спорудження вимагає менших капіталовкладень і може бути проведено в більш короткий термін, чим спорудження ТЕЦ тієї ж теплової потужності. Тому в багатьох випадках теплофікацію районів починають з будівництва районних котельень. До введення в роботу ТЕЦ ці котельні є основним джерелом тепlopостачання району. Після введення ТЕЦ вони використовуються в якості пікових. Котельні споруджують на площадках ТЕЦ чи в районах теплоспоживання. В них встановлюють водогрійні котли або парові низького тиску (1,2-2,4 МПа).

При роботі на газі – кращі водогрійні котли, при роботі на мазуті чи на твердому паливі – парові котли низького тиску. У випадку відпустку теплоти у виді пари на технологічні нестатки і гаряче тепlopостачання варто порівнювати варіанти установки в котельні як парових, так і водогрійних котлів. При невеликій відпустці теплоти у виді пари виробництву і на власні нестатки

котельні можлива установка комбінованих пароводогрійних котлів для покриття переважно теплофікаційного навантаження. Тип котлів у котельні вибирається на основі техніко-економічних розрахунків з урахуванням факторів надійності їхньої роботи, складності експлуатації, величини капіталовкладень і витрат виробництва.

Разом з тим, споживання теплової енергії в Україні характеризується такими особливостями.

По-перше, існуючий житловий фонд України і нове будівництво характеризуються великою неоднорідністю, що позначається на умовах забезпечення приватних та комунальних об'єктів тепловою й електричною енергією. Питання ощадливого й ефективного використання цих видів енергії особливо актуальні для України, що споживає імпортоване паливо.

По-друге, промислові підприємства різнопланові щодо випуску продукції, особливостей виробництва і розміщення сировини. У багатьох випадках це не дозволяє використовувати на них електроенергію і теплоту, отриману централізованим шляхом на ТЕЦ. Крім того, якщо підприємство значно віддалено від ТЕЦ, то стає економічно не вигідним транспортування до нього гарячого теплоносія.

По-третє, багато ТЕЦ України відпрацювали свій ресурс, підлягають глибокому відбудовному ремонту і є основним джерелом забруднення атмосфери. Крім того, більшість розподільних теплових мереж знаходяться в поганому технічному стані і призводить до значних втрат теплоти. Тому питання реалізації децентралізованого енергозабезпечення як житлового фонду, так і промислових об'єктів є актуальним.

Децентралізоване виробництво електроенергії і теплоти підвищує загальну ефективність виробництва за рахунок таких чинників: усунення втрат під час транспортування теплоносія; регулювання теплового навантаження за часом доби або порою року залежно від реальної потреби; застосування високоефективних котельних установок, що з'явилися на ринку в останні декілька років; утилізації низькопотенційного тепла в когенераційних

установках. Іноді установки децентралізованого виробництва енергоресурсів можуть замінити вугільні і мазутні котельні, помітно знижуючи при цьому викиди оксидів азоту й інших забруднювачів.

Розрізняють такі системи децентралізованого опалення: індивідуальні з установкою настінних або підлогових котлів невеликої потужності (8...30 кВт) у кожній окремій квартирі, що являють собою граничний ступінь децентралізації опалення; домові з установкою котлів середньої потужності (150...1000 кВт) на горищних або в прибудованих до будинків приміщеннях; блокові районні котельні, системи опалення промислових споруд інфрачервоними випромінювачами, а також когенераційні установки.

Підходи до проектування енергетичних систем різні для кожного конкретного об'єкта і залежать від багатьох чинників: типу об'єкта, наявності в регіоні центральних систем енергопостачання, об'ємів споживання електричної і теплової енергії та їх співвідношення, можливості постачання визначеного виду палива, цін на устаткування й енергоносії. З порівняння капітальних витрат на створення систем централізованого опалення і будівництво блокових районних котельних з системою індивідуального поквартирного опалення найбільш капіталоємними виявляються блокові районні котельні. Якщо вважати їх вартість за 100 %, то вартість централізованого опалення становитиме 86 %, а систем індивідуального опалення – 47 %.

Слід також ураховувати наявність витрат на утримання обслуговуючого персоналу систем центрального і блочного опалення, наявність складної системи контролю, обліку і розподілу витрат порівняно з безвитратною експлуатацією систем індивідуального опалення. При цьому відпадає проблема обліку теплової енергії, враховують тільки витрату газу.

Залежно від місцевих тарифів економія коштів при квартирному опаленні може досягати 40 %.

Індивідуальне опалення. Системи індивідуального поквартирного опалення широко застосовують в Україні для опалення приватних будинків у сільській місцевості й у передмісті.

Котли можуть бути як підлогові, так і настінні, невеликих розмірів. Вони складаються з трьох блоків: власне котла з безшумним циркуляційним насосом, розширювального бачка і контуру гарячого водопостачання. Безпеку роботи забезпечують декілька систем контролю, які дублюють одна одну.

Установлену потужність індивідуального котла вибирають з розрахунку приблизно 1 кВт на 10 м² опалювальної площі, що відповідає витраті природного газу 0,1 м³/г. В Україні настінні котли не випускають.

Близько 100 підприємств в Україні виробляють підлогові котли потужністю від 8 до 100 кВт. Як паливо в них найчастіше використовують природний газ або рідке чи тверде паливо. Безпека роботи котлів підтримується автоматично. Деякі конструкції котлів оснащено складною системою регулювання співвідношення газ – повітря. Котли можуть мати вбудований або окремо розміщений бойлер для гарячого водопостачання.

Котли імпортного виробництва відрізняються поліпшеним дизайном, а деякі з них мають сучасні системи регулювання, зокрема програмне забезпечення. Так, системи Bosch Thermotechnic дозволяють управляти котлами залежно від погодних умов і програмувати температуру в помешканні на декілька місяців уперед, що дозволяє заощаджувати до 20 % газу за опалювальний сезон.

Будинкові котельні. Ще один варіант децентралізації – опалення окремих будинків або під'їздів багатоквартирних будинків. Для цієї мети використовують котли середньої потужності (150...1000 кВт) або блоки котлів меншої потужності.

Характерною властивістю котлів цієї серії (рис. 3.4) є інтенсифікація теплообміну в радіаційній зоні за рахунок установки вторинних випромінювачів з жаростійких керамічних елементів і застосування в конвективній зоні багатоходових пучків з біметалічних оребрених труб. Це істотно знижує масогабаритні характеристики котлів. Котли мають вертикальне і горизонтальне виконання, що дає проектантам свободу вибору розміщення котлів на дахах або в прибудованих до будинків спорудах.

Ефективність котлів підвищується із застосуванням комбінованих поверхнево-контактних водогрійних котлів серії КАОМ (рис. 3.5).

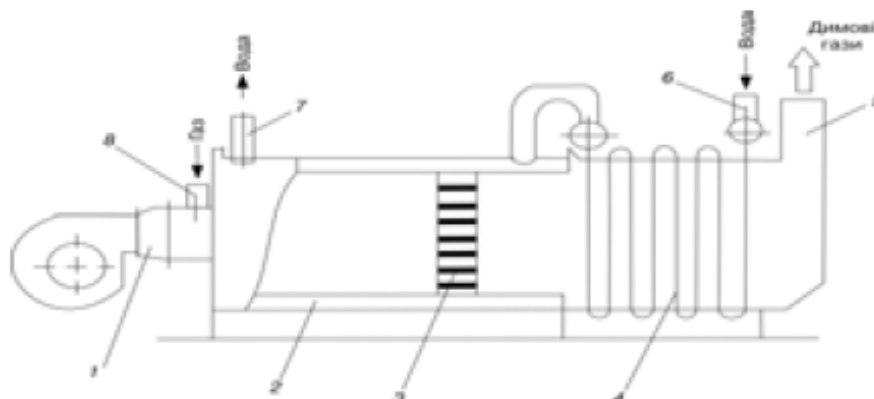


Рисунок 3.4 – Агрегат опалювальний серії АОМ:

1 – блочний газовий пальник; 2 – водоохолоджувальна топкова камера; 3 – проміжний випромінювач; 4 – водотрубний конвективний пучок; 5 – вихлопний патрубок; 6 – патрубок для виходу нагрітої води; 7 – патрубок для входу води; 8 – газовий патрубок

Такі агрегати поєднують нагрів води через трубчасті поверхні топкової

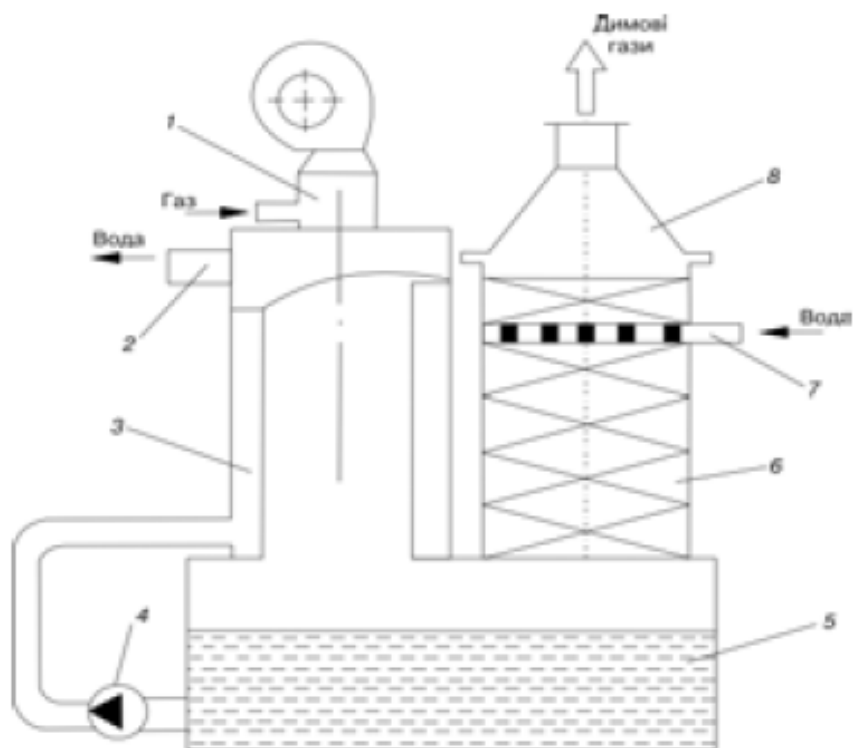


Рисунок 3.5 – Контактний водогрійний агрегат КАОМ (розробка Інституту газу Національної академії наук України): 1 – блочний газовий пальник; 2 – патрубок нагрітої води; 3 – водоохолоджувальна топкова камера; 4 – насос циркуляційний; 5 – бак водяний; 6 – контактна камера; 7 – патрубок подачі води; 8 – вихлопний патрубок

камери з прямим контактом зворотної води і гарячими продуктами згорання. За

принципом дії вони аналогічні конденсаційним котлам. Відмінністю є те, що конденсація пари з продуктів згорання відбувається в контактній насадці.

Під час спалювання 1 кг природного газу в котлі утворюється більше 2 кг води за рахунок окиснювання водню метану. Точка роси для продуктів згорання природного газу з теоретичного співвідношення газ – повітря становить 53 °С. При температурі зворотної сітьової води близько 50 °С відбувається конденсація водяної пари з продуктів згорання і тим самим реалізація вищої теплоти згорання палива.

Різниця між нижчою і вищою теплотою згорання становить приблизно 11 %. Це потенціал підвищення ефективності котлів, наданий самою природою. ККД конденсаційних (контактних) установок за вищою теплотою згорання дорівнює 94-96 %.

Водонагрівники КАОМ можна також використовувати для групового опалення в системах, обладнаних бойлерними, тоді, коли в систему треба подавати воду під тиском при температурі понад 100 °С.

Для опалення комплексів житлових і виробничих приміщень можна використовувати установки прямого контактного нагріву і контактноповерхневі установки. У них також використовують вищу теплоту згорання. Їх перевагою є те, що в них вода нагрівається під атмосферним тиском, тому ці установки не підлягають реєстрації у котлонагляді. Принципові схеми контактних і контактно-поверхневих нагрівників наведено на рис. 3.6, 3.7

У контактному нагрівнику газ спалюється безпосередньо під шаром води; водяна пара з продуктів згорання конденсується послідовно у шарі води і в контактному теплообміннику, установленому над водною поверхнею. У контактно-поверхневому нагрівнику спалювання газу відбувається в камері згорання, зануреній у шар води. Основний теплообмін відбувається контактним способом у насадці, де вода нагрівається приблизно до 85 °С, а додатковий нагрів відбувається через стінки камери згорання.

Такі нагрівники забезпечують підігрів води до 90-95 °С. ККД таких нагрівників, розрахований за вищою теплотою згорання, знаходиться в межах

92-96 %. Вони досить компактні; модуль потужністю 1 МВт потребує площі 2,2 ? 2,2 м², висота його 3 м.

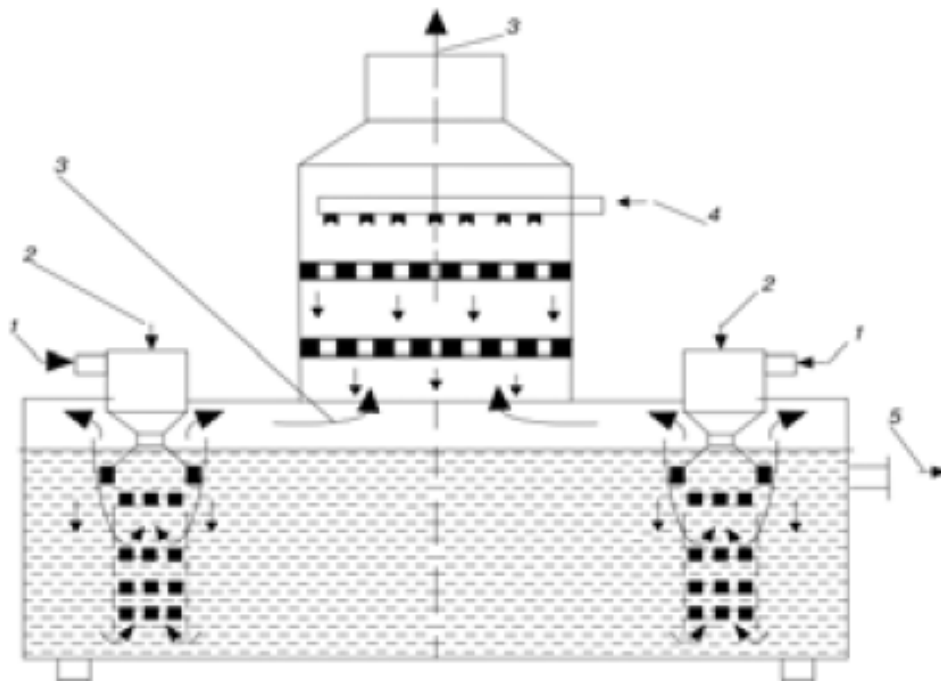


Рисунок – Принципова схема контактної нагрівника зануреного типу (розробка Інституту газу Національної академії наук України): 1 – повітря; 2 – паливний газ; 3 – продукти згорання; 4 – зворотна вода; 5 – гаряча вода

У районних котельнях застосовують котли більшої потужності, які поділяють на водо- і жаротрубні. Найчастіше використовують водотрубні котли. Котли цього типу переважно застосовують для одержання пари або гарячої води високого тиску і великої встановленої потужності. Жаротрубні котли використовують для тисків, менших від 2 МПа, і потужностей до 1...7 МВт.

В умовах країн Центральної і Східної Європи економічна границя відстані подачі гарячої води в районних теплових мережах становить 7 км.

Променисте опалення використовують для обігріву великих виробничих приміщень, ангарів, залів для глядачів, спортивних споруд (тенісних кортів, льодових стадіонів, плавальних басейнів), церков, гаражів, складських приміщень або тільки робочих місць у приміщеннях такого типу. Застосування газових інфрачервоних випромінювачів характеризується швидким монтажем,

можливістю перерозподілу зон обігріву і можливістю забезпечення економії газу (близько 40 %) порівняно з автономним водяним опаленням. Такі випромінювачі бувають двох типів – «світлі», у яких спалювання газу відбувається на керамічній поверхні випромінювача, і «темні», де газ спалюється всередині труб, що випромінюють тепловий потік. Під час використання «світлих» випромінювачів продукти згорання викидаються безпосередньо в приміщення, тому треба забезпечити надійну вентиляцію.

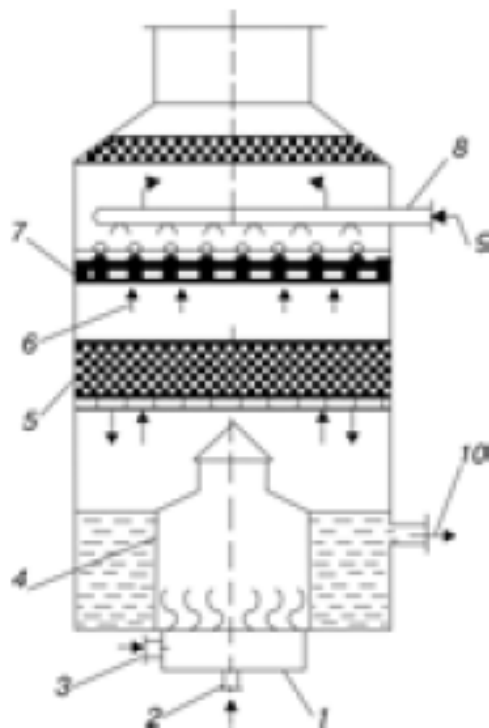


Рисунок 3.7 – Принципова схема контактнопверхневого нагрівача: 1 – паливник; 2 – паливний газ; 3 – повітря; 4 – камера згорання; 5 – контактна насадка; 6 – продукти згорання; 7 – пінна пластина; 8 – розбризкувач; 9 – зворотна вода; 10 – гаряча вода

Газові інфрачервоні випромінювачі використовують двох типів: підвісні і настінні. Імпорتنі випромінювачі додатково обладнано тягодуттьовими пристроями.

Автоматизований настінний газовий нагрівник (рис. 3.8) потужністю до 15 кВт і масою 96 кг забезпечує створення локальних робочих зон з комфортними температурними умовами на площі 50...100 м² (рис. 3.9).

Питома витрата теплоти на обігрів цеху у разі променистого опалення може бути в чотири рази менша, ніж у разі традиційного водяного опалення.

Когенерація є одним з ефективних методів енергопостачання будинків і споруд за рахунок спільного виробництва електричної і теплової енергії. Вона полягає у використанні газових двигунів внутрішнього згорання або газових турбін для приводу електрогенераторів з одночасним використанням теплоти відпрацьованих газів, води й охолоджувачів масла для комунальних і промислових споживачів. При цьому максимально використовують хімічну енергію палива, знижується рівень забруднення навколишнього середовища, зменшуються втрати під час передачі енергії і підвищується рівень надійності енергозабезпечення споживачів завдяки близькому розміщенню джерел енергоресурсів.

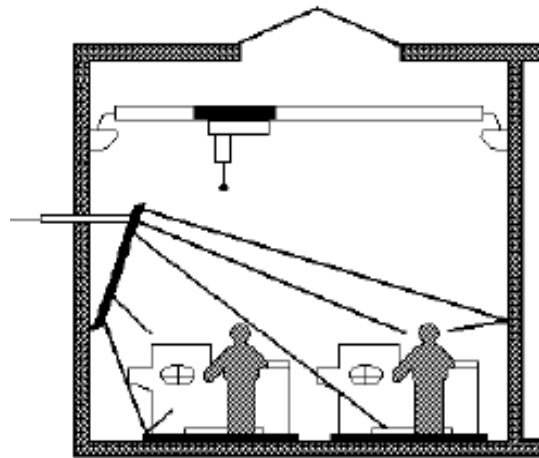
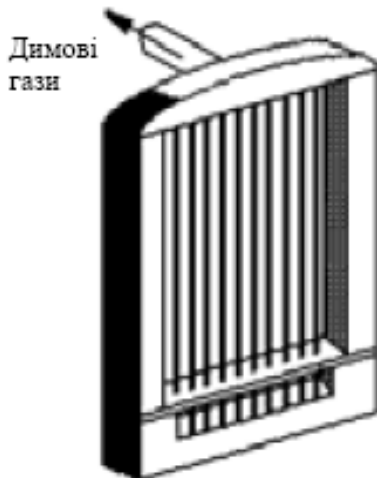


Рисунок 3.8 – Газовий настінний радіатор в низького тиску

Рисунок 3.9 – Схема розміщення радіатора умовах цеху

Когенерація все більше поширюється в європейських країнах. Модульні когенераційні установки на природному газі споруджують найчастіше для об'єктів суспільного користування (великих офісних будинків, шкіл, лікарень тощо) і для районних котельень.

Теплофікаційний ККД когенераційного модуля знаходиться в межах 85 – 90 %. Відношення виробленої електричної енергії до теплової становить 0,6...0,7 і залежить від типу модуля. Недоліком когенераційних модулів є вузькі межі регулювання (приблизно 70-100 % від номінальної потужності), що обмежує їх застосування.

Когенераційні установки вигідно застосовувати на об'єктах, де потреба в електроенергії і теплоті постійна і знаходиться в співвідношенні 3:1.

Контрольні запитання

1. Призначення і класифікація котельних установок.
2. Особливості технологічної схеми виробництва водяної пари та гарячої води.
3. Особливості складу і призначення устаткування котельної установки.
4. Особливості пароводяного тракту котлів.
5. Тепловий баланс і теплова економічність котельної установки.
6. Загальні характеристики та техніко-економічні показники роботи котельних установок.
7. Загальні особливості топкових процесів і пристроїв.
8. Перелік і характеристика допоміжних систем і пристроїв котельних установок.
9. Організація керування роботою котлів.
10. Особливості експлуатації і ремонту котлів.
11. Загальні напрями розвитку котельної техніки.
12. Особливості малої енергетики України.
13. Характеристика децентралізованого опалення.
14. Основні конструктивні схеми водогрійних котлів індивідуального призначення.

Тема 4 ТЕПЛОВІ ЕЛЕКТРИЧНІ СТАНЦІЇ

Сукупність установок, які перетворюють хімічну енергію органічного палива на теплову та електричну, мають назву теплова електрична станція. Основне призначення електричних станцій – забезпечення електричною енергією підприємств промислового і сільськогосподарського виробництва, комунального господарства і транспорту.

Електростанції можуть також забезпечувати підприємства і житлові будинки водяною парою і гарячою водою.

Електростанції, призначені тільки для виробництва електроенергії, називають конденсаційні. На них установлюють парові турбіни з глибоким вакуумом. Це пов'язано з тим, що чим нижчий тиск пари на виході з турбіни, тим більша частина теплової енергії робочого тіла (водяної пари) може перетворитися на електричну енергію. При цьому основний потік пари конденсується в конденсаторі.

Електростанції, призначені для комбінованого виробництва електричної і теплової енергії, мають назву теплоелектроцентралі. На них установлюють парові турбіни з проміжними відборами пари або з протитиском. На таких установках теплоту відпрацьованої пари частково або навіть повністю використовують для теплопостачання, унаслідок чого втрати теплоти з охолоджувальною водою в конденсаторі скорочуються або їх взагалі немає.

Однак частка енергії, перетвореної з хімічної на електричну, при тих самих початкових параметрах пари на установках з теплофікаційними турбінами нижча, ніж на установках з конденсаційними турбінами. Зазвичай ТЕЦ будують поблизу споживачів теплової енергії – біля промислових підприємств або житлових масивів.

Якщо для виробництва електроенергії використовують конденсаційні установки, а теплову енергію для теплопостачання виробляють в окремій котельній установці, то таке виробництво електричної і теплової енергії називають роздільне.

Сучасна ТЕС – це складне підприємство, яке включає в себе велику кількість різного устаткування (теплосилового, електричного, електронного тощо) і будівельних конструкцій. Основним устаткуванням ТЕС є котельня і теплосилова установка. За типом теплосилової установки (теплого двигуна) теплові електричні станції бувають: паротурбінні (основний вид електростанцій), газотурбінні і парогазові ТЕС, а також електростанції з двигунами внутрішнього згорання (ДВЗ).

За призначенням ТЕС бувають районні (загального користування), які забезпечують усіх споживачів тепловою та електричною енергією в цьому районі місцевості і є самостійними виробничими підприємствами, і промислові електростанції, які входять до складу виробничих об'єктів і призначені переважно для їх енергопостачання, а також міських і сільських районів, що прилягають до них.

Найпоширеніші в енергетиці паротурбінні електростанції поділяють за рівнем теплової потужності агрегатів: малої потужності (з агрегатами до 25 МВт), середньої потужності (з агрегатами до 50...100 МВт), великої потужності (з агрегатами більше 100 МВт); а також за початковими параметрами водяної пари: низького (до 3 МПа), середнього (3...5 МПа), високого (9...17 МПа) і понадкритичного тиску (більше 24 МПа).

Класифікація ТЕС за рівнем потужності і тиску умовна, тому що ці показники мають тенденцію до зростання.

4.1 Типові схеми ТЕС

За способом компоновки котлів і парових турбін ТЕС бувають з поперечними зв'язками і з блочним компонованням.

Принципову теплову схему ТЕС з поперечними зв'язками показано на рис. 4.1 У котли 1 живильну воду подають із загальної магістралі 6, а свіжа пара збирається в загальному головному трубопроводі 5.

У цій схемі всі котли ТЕС з'єднано трубопроводами води і пари. З об'єднаного паропроводу водяну пару подають до всіх працюючих турбін. У

схемах ТЕС з блочним компонованням паровий котел з'єднують тільки з однією паровою турбіною і, отже, він являє собою автономний енергетичний блок. Для надійності можна встановлювати по два котли на загальну турбіну – це так звані дубль-блоки. При цьому котли можуть мати як однакові (симетричні дубль-блоки), так і різні поверхні нагріву (несиметричні дубль-блоки).

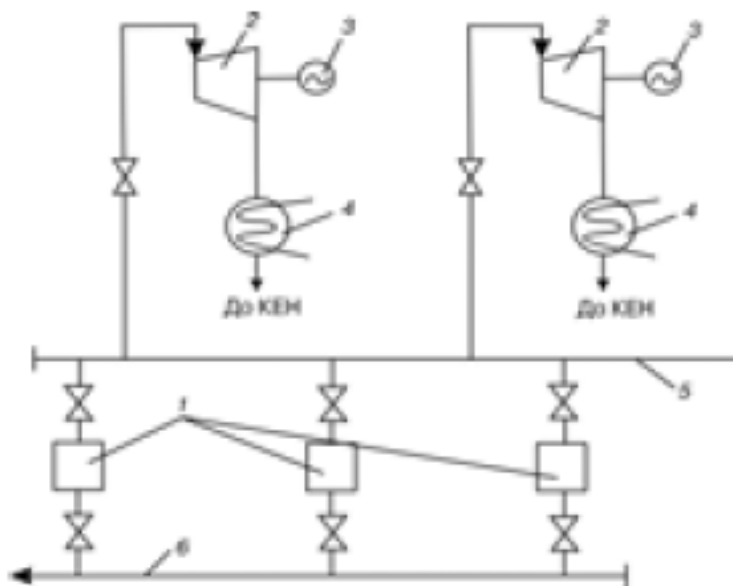


Рисунок 4.1 – Принципова схема ТЕС з поперечними зв'язками: 1 – котел; 2 – турбіна; 3 – електричний генератор; 4 – конденсатор; 5 – головний паропровід; 6 – живильна магістраль; КЕН – конденсатний електричний насос

У потужних моноблочних установках (300, 500 і 800 МВт) з кожною турбіною працює однокорпусний котел. Через нерівномірність використання електроенергії протягом доби виникає потреба в частих зупинках і наступних пусках енергоблоків. Зупинивши енергоблок і вимкнувши генератор 3 (рис. 4.2) і турбіну 2, надлишок пари, що є в котлі 1, треба скидати, минуючи турбіну 2 (через байпас), в конденсатор 4.

Якщо в котлі є проміжний перегрівник 7, установлений в зоні високих температур, то байпасується циліндр високого тиску (ЦВТ) турбіни і пару направляють через редуційно-охолоджувальну установку (РОУ) 6 на охолодження проміжного перегрівника. Потім вона надходить у конденсатор 4

через РОУ 5. Енергоблоки з такою схемою байпасування турбіни називають двобайпасні.

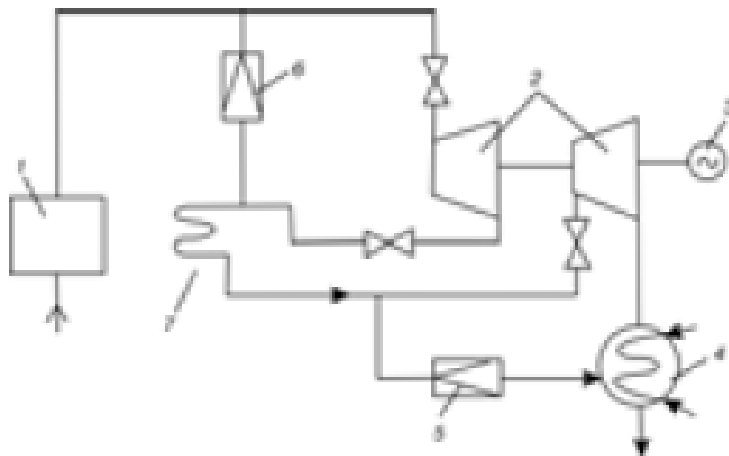


Рисунок 4.2 – Двобайпасна схема енергоблоку ТЕС: 1 – котел; 2 – турбіна; 3 – електричний генератор; 4 – конденсатор; 5 – РОУ скидання пари в конденсатор; 6 – РОУ охолодження проміжного підігрівника; 7 – проміжний перегрівник

Останнім часом дістала поширення однобайпасна схема енергоблоку. У цій схемі пара, минаючи обидва циліндри турбіни і проміжний перегрівник, безпосередньо скидається в конденсатор.

Технологічна схема теплової електростанції Сучасна електростанція – це складне підприємство з великою кількістю різних видів устаткування. Послідовність одержання і використання водяної пари і перетворення одних видів енергії на інші можна простежити на прикладі технологічної схеми ТЕС, яка працює на твердому паливі.

Паливо (вугілля), яке надходить на ТЕС, вивантажують з вагонів розвантажувальними пристроями і подають крізь дробильне приміщення конвеєрами в бункер сирого палива або до складу резервного палива. Вугілля розмелюють у млинах. Вугільний пил через сепаратор і циклон з пилових бункерів разом з гарячим повітрям, що подають вентилятором, надходить у топку котла. Високотемпературні продукти згорання, які утворюються в топці, рухаючись по газоходах, нагрівають воду в теплообмінниках (поверхні нагріву) котла до стану перегрітої пари. Пара, розширяючись на ступенях турбіни, обертає ротор турбіни і з'єднаний з ним ротор електричного генератора, у якому збуджується електричний струм. Вироблена електроенергія за

допомогою підвищувальних трансформаторів перетворюється на струм високої напруги і передається споживачам. У турбіні пара розширюється і охолоджується.

Після турбіни пар надходить до конденсатора, у якому підтримують вакуум. Воду в конденсатор подають з природного або штучного джерела циркуляційними насосами, розміщеними в насосній станції. Отриманий конденсат насосами перекачують через установку знесолювання і підігрівники низького тиску (ПНТ) в деаератор. Тут при температурі, близькій до температури насичення, видаляються розчинені у воді гази, що спричинюють корозію обладнання, і вода підігрівається до температури насичення. Втрати конденсату (витікання через неякісні ущільнення в трубопроводах станції або в лініях споживачів) поновлюють за рахунок хімічно очищеної в спеціальних установках води, що додають у деаератор. Дегазовану і підігріту воду (живильну воду) подають живильними насосами в регенеративні підігрівники високого тиску (ПВТ), а потім у котел. Цикл перетворення робочого тіла повторюється. Під робочим тілом розуміють пару і воду, яку одержують спеціальною обробкою. Охолоджені в теплообмінниках продукти згорання очищують від золи в зололовлювачах і димососом через димову трубу викидають в атмосферу. Уловлену золу і шлак по каналах гідрозоловиведення направляють на золовідвал. Роботу ТЕС контролюють з пульта керування. Підвищення потужності і параметрів (тиску, температури) робочого тіла можливе завдяки застосуванню проміжної перегрітої пари.

4.2 Теплоелектроцентрالی. Міні-ТЕЦ. Теплофікація і централізоване теплопостачання

Як показано вище, електричну енергію виробляють на теплових електростанціях, де потенційна енергія водяної пари перетворюється на механічну енергію в паровій турбіні, звідки відпрацьовану пару направляють до конденсатора. Такі електричні станції називають конденсаційні. У цьому разі,

щоб забезпечити споживачів теплотою і гарячою водою, потрібне додаткове джерело теплоти – опалювальна котельня.

Разом з цим існують теплофікаційні ТЕС, на яких одночасно виробляють як електричну, так і теплову енергію у вигляді технологічної або побутової пари, яка частково відпрацювала свій енергетичний ресурс у паровій турбіні для виробництва електричної енергії. Такі станції називають теплоелектроцентралями, їх розташовують безпосередньо біля споживачів теплоти: у містах, поруч з великими промисловими центрами і підприємствами тощо. На ТЕЦ для спільного виробництва теплоти й електроенергії встановлюють турбіни з регульованими відборами пари.

На рис. 4.3 показано принципову теплову схему найпростішої ТЕЦ, яка

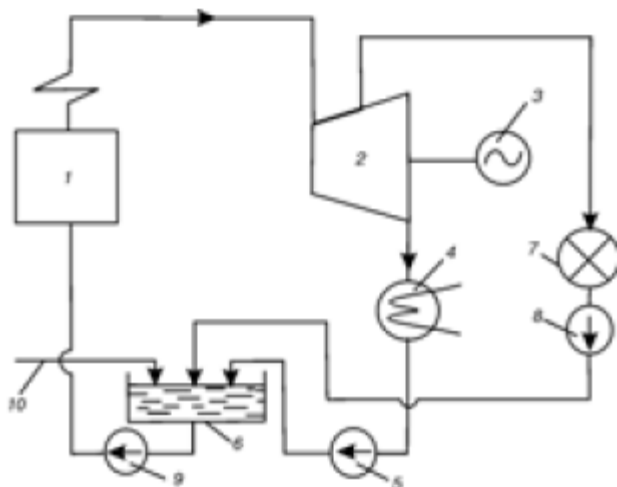


Рисунок 4.3 – Теплова схема найпростішої теплоелектроцентралі: 1 – котел; 2 – турбіна; 3 – електрогенератор; 4 – конденсатор; 5 – КЕН; 6 – бак живильної води; 7 – споживач теплоти; 8 – мережевий насос; 9 – живильний насос; 10 – вода після хімічного водоочищення

одночасно забезпечує промислове парове навантаження. Пара, одержувана в котлі 1, надходить у турбіну 2, безпосередньо з'єднану з електричним генератором 3, а потім прямує в конденсатор 4. З проміжного ступеня турбіни при потрібному регульованому тиску пару відбирають у розмірі 10–20 % від загальної кількості і подають споживачам теплоти 7. Частина пари у споживача втрачається, а частина конденсується, і її насосом 8 направляють до живильного бака 6, у який конденсатним насосом 5 подають і конденсат з

конденсатора. Для відновлення втрат пари і конденсату до живильного бака по трубопроводу 10 додають хімічно очищену воду. Живильну воду подають в котел 1 живильним насосом 9.

У районах, які обслуговують великі теплоелектроцентралі, зазвичай є споживачі тепла, які використовують як пару, так і гарячу воду. У цьому разі на ТЕЦ установлюють турбіни з двома регульованими відборами пари. Один відбір (високого тиску) – для споживачів пари, другий відбір (низького тиску) – для передачі пари у водяні підігрівники.

Щоб забезпечити технологічні процеси окремих підприємств або їх групи електричною і тепловою енергією, споживання яких може бути нерівномірним у часі, використовують міні-ТЕЦ. Міні-ТЕЦ за тепловою схемою не відрізняються від енергетичних потужних ТЕЦ. Відмінність полягає в потужності (кількості виробленої електричної і теплової енергії).

Доцільність установки та функціонування міні-ТЕЦ визначають техніко-економічним розрахунком на стадії проектування порівняно з окремим забезпеченням електричною енергією від уже існуючих КЕС і будівництвом на території підприємства котельної установки, яка буде забезпечувати теплотою технологічний цикл, опалення, гаряче водопостачання та ін. В останньому випадку докладно розглядають можливість використовувати вторинні енергоресурси, утилізація яких після технологічних процесів може зменшити проектну потужність котельної і навіть міні-ТЕЦ.

Використання ТЕЦ, міні-ТЕЦ, а також котелень пов'язане з потребою забезпечити споживачів тепловою енергією у вигляді водяної пари або гарячої води потрібних параметрів.

Постачання до споживача теплоти, віддача її та повернення до джерела теплопостачання конденсату або охолодженої води відбуваються за рахунок використання спеціалізованого обладнання (РОУ, водяні та конденсатні насоси, теплообмінники, інжектори, теплоізольовані трубопроводи – теплові мережі тощо), яке називають теплофікаційне, а сам процес забезпечення споживача теплотою – теплофікація.

Для великих міст України особливістю теплопостачання є теплофікація за рахунок ТЕЦ. Вони забезпечують близько 40 % теплової енергії, споживаної в промисловості і комунальному господарстві для потреб опалення і гарячого водопостачання, і мають безперечну термодинамічну перевагу перед виробництвом енергії на КЕС.

Забезпечення споживачів теплотою тільки за рахунок використання ТЕЦ має назву централізоване теплопостачання. Процес централізованого теплопостачання складається з трьох послідовних операцій: підготовка теплоносія потрібних параметрів, транспортування теплоносія до споживача, використання теплоти теплоносія споживачем і повернення залишків теплоносія на ТЕЦ.

Першу операцію виконують на ТЕЦ. Залежно від роду теплоносія системи теплопостачання поділяють на водяні та парові. Перші дістали поширення для теплопостачання сезонних споживачів гарячої води і теплоти на опалення. Парові системи використовують для технологічного теплопостачання до споживачів високотемпературного теплоносія. Практика показала такі переваги водяних систем теплопостачання порівняно з паровими:

- можливість змінити температуру в системі в широкому діапазоні (20...200 °С);
- повніше використання теплоти від ТЕЦ;
- немає втрат конденсату;
- менші втрати теплоти в навколишнє середовище в теплових мережах.

До недоліків водяних систем теплопостачання варто віднести:

- підвищену витрату електроенергії на транспортування води в мережах;
- підвищену втрату теплоносія через розриви та аварії в теплових мережах;
- жорсткий гідравлічний зв'язок між ділянками мережі через високу щільність теплоносія;
- залежність температури води в трубопроводах від якості теплоізоляції.

Другу операцію централізованого теплопостачання – транспортування теплоносія до місця споживання – виконують за допомогою теплових мереж. Зазвичай теплові мережі являють собою заглиблені в ґрунт трубопроводи з теплоізоляцією, розміщені в спеціальних каналах (залізобетонних або цегельних) або без них (безканальна прокладка трубопроводів).

Третя операція – використання теплоти теплоносія споживачем – пов’язана з наявністю двох систем: закритою і відкритою.

У закритих системах теплопостачання споживач не витрачає теплоносії і не відбирає його з мережі, а використовує тільки для транспортування теплоти і передачі її іншому теплоносію (холодній воді) в теплообмінниках. У відкритих системах споживач відбирає теплоносії з теплової мережі частково або цілком.

Закриті системи характеризуються стабільністю якості теплоносія, який надходить до споживача, простотою санітарного контролю установки гарячого водопостачання, а також контролю герметичності системи за допомогою датчиків тиску. Їх недоліки – складність устаткування й експлуатації теплових пунктів (ТП), можливість корозії труб споживача через використання недеаерованої (не очищеної від агресивних розчинених газів) водопровідної води, можливість появи накипу в трубах.

До недоліків відкритих водяних систем належить потреба збільшувати потужність водопідготовчих установок, які розраховують на компенсацію витрат води, яку відбирає споживач із системи. Нестабільність санітарних показників у цьому разі потребує використовувати складні схеми їх контролю, а також контролювати герметичність системи.

Теплові мережі, по яких транспортують теплоносії до споживача, закінчуються ТП. Залежно від кількості споживачів розрізняють індивідуальні (місцеві) і центральні (групові) ТП. Перші обслуговують одного або декількох споживачів з однаковими параметрами споживання, центральні – групу споживачів (декілька будинків) або цілий район.

Устаткування ТП у кожному конкретному випадку вибирають, щоб повністю задовольнити потреби всіх споживачів у теплоті для системи опалення і для гарячого водопостачання.

4.3 Техніко-економічні показники теплової електростанції

Ефективність роботи ТЕС характеризується різними техніко-економічними показниками. Одні з них оцінюють досконалість теплових процесів, наприклад показники теплової економічності, до яких належать ККД агрегатів, цехів і всієї електростанції загалом, а також витрати теплоти і палива на одиницю виробленої енергії. Інші характеризують умови, у яких працює теплова електростанція, наприклад показники режиму, до яких належать: співвідношення конденсаційного і комбінованого виробництва електроенергії, коефіцієнт використання і кількість годин використання встановленої потужності, показники чисельності персоналу (витрати праці) і вартості спорудження електростанції (капітальні витрати). Найбільш важливими і повними показниками роботи ТЕС є собівартість електроенергії і теплоти.

Теплова економічність КЕС, яка виробляє тільки електроенергію, характеризується ККД станції, який являє собою співвідношення виробленої електроенергії до хімічної енергії (теплоти згорання) витраченого палива

$$\eta^{\text{бр}}_{\text{КЕС}} = E_{\text{вир}} / B Q^{\text{р}}_{\text{н}}$$

або

$$\eta^{\text{н}}_{\text{КЕС}} = E_{\text{від}} / B Q^{\text{р}}_{\text{н}}$$

де $E_{\text{вир}}$ і $E_{\text{від}}$ – відповідно кількість виробленої та відпущеної електроенергії, кВт год/рік; $Q^{\text{р}}_{\text{н}}$ – теплота згорання палива, кДж/кг; $\eta^{\text{бр}}_{\text{КЕС}}$, $\eta^{\text{н}}_{\text{КЕС}}$ – відповідно ККД бруто і нетто; B – витрата палива, кг/рік.

Різниця $E_{\text{вир}} - E_{\text{від}} = E_{\text{в.п}}$ являє собою витрату електроенергії на власні потреби станції.

З виразів $\eta^{\text{бр}}_{\text{КЕС}}$ і $\eta^{\text{н}}_{\text{КЕС}}$ можна отримати співвідношення, щоб визначити витрати палива на вироблену $B^{\text{е}}_{\text{вир}}$ та відпущену $B^{\text{е}}_{\text{від}}$ електроенергію.

Поділивши ці вирази на кількість виробленої енергії $E_{\text{вир}}$ і на кількість відпущеної енергії $E_{\text{від}}$ відповідно отримаємо значення питомих витрат умовного палива на 1 кВт.год виробленої та відпущеної електроенергії:

$$b^e_{\text{вир}} = 0,123 / \eta^{\text{бр}}_{\text{КЕС}};$$

$$b^e_{\text{від}} = 0,123 / \eta^{\text{н}}_{\text{КЕС}}.$$

Теплову економічність різних КЕС між собою порівнюють за питомою витратою умовного палива на 1 кВт год виробленої та відпущеної електроенергії, між якими існує така залежність:

$$b^e_{\text{від}} = b^e_{\text{вир}} 100 / (100 - e_{\text{в.п}}),$$

де $e_{\text{в.п}} = E_{\text{в.п}} 100 / E_{\text{вир}}$ – питома витрата електроенергії на власні потреби КЕС; $E_{\text{в.п}}$ – витрата електроенергії на власні потреби, кВт год.

На діючій станції показник теплової економічності визначають витратами палива, кількістю виробленої та відпущеної електроенергії.

Економія палива у процесі комбінованого виробництва на ТЕЦ теплової і електричної енергії порівняно з роздільним визначає економічну ефективність ТЕЦ, отриману за рахунок використання відпрацьованої теплоти паросилового циклу. Щоб обчислити ККД ТЕЦ в цілому, ураховують два питомі ККД, які визначають економічність виробництва електроенергії і теплоти окремо. Основним з них є ККД виробництва електроенергії

$$\eta^e_{\text{ТЕЦ}} = E_{\text{вир}} / B_e Q^{\text{п}}_{\text{н}},$$

де B_e – витрата палива на виробництво електроенергії.

Другий показник економічності ТЕЦ – ККД виробництва теплоти для зовнішнього теплового споживання

$$\eta^{\text{т}}_{\text{ТЕЦ}} = E_{\text{від}} / B_{\text{т}} Q^{\text{п}}_{\text{н}},$$

де $B_{\text{т}}$ – витрата палива на виробництво теплоти, яку відпускають споживачеві.

Основною умовою цього методу є тотожність ККД ТЕЦ і ККД (нетто) котельного агрегату (парогенератора) у процесі роздільного виробництва теплоти $\eta^{\text{т}}_{\text{ТЕЦ}} = \eta^{\text{н}}_{\text{пг}}$. При цьому всю економію від застосування комбінованого виробництва електроенергії і теплоти відносять до виробництва електроенергії.

Таке припущення призводить до того, що ККД виробництва електроенергії комбінованим способом досягає 75-80 % замість 35-40 % на сучасних КЕС.

Розрахунок економічності ТЕЦ за цим методом показує, що підвищення $\eta^e_{\text{ТЕЦ}}$ прямо пропорційне підвищенню частки комбінованого вироблення електроенергії. Тому ТЕЦ зацікавлена основну кількість теплоти відпускати споживачам з відборів турбіни при параметрах пари, прийнятних для споживача. Відпуск теплоти через РОУ або від водогрійних котлів бажано звести до мінімуму.

Отже, показник економічності ТЕЦ $\eta^e_{\text{ТЕЦ}}$ стимулює збільшення комбінованого виробництва електроенергії і теплоти.

За такою методикою порівняння теплової економічності ТЕЦ і роздільної установки (КЕС і котельної) зводиться до порівняння їх питомої витрати палива. Виміряну загальну витрату палива $B_{\text{ТЕЦ}}$ на ТЕЦ розподіляють на виробництво електроенергії B_e і теплоти B_t пропорційно кількості теплоти, витраченої на кожний вид енергії.

Витрати електроенергії і теплоти на власні потреби пов'язані з виробництвом кожного виду енергії. Теплові втрати також розподіляються пропорційно кількості теплоти, віднесеної на кожний вид енергії (електричної і теплової), і включаються в обумовлені витрати палива B_e і B_t відповідно.

Визначаючи витрати палива на відпущену теплову енергію на ТЕЦ, у розрахунок беруть сумарну величину $Q_{\text{від}} + Q_{\text{від}}^{\text{втр}}$, де $Q_{\text{від}}$ – відпущена споживачеві тепла енергія з урахуванням теплоти поверненого конденсату; $Q_{\text{від}}^{\text{втр}}$ – сума втрат теплової енергії на ТЕЦ, пов'язаних з втратами:

- у паропроводах відборів турбіни до точок заміру відпущеної теплової енергії у споживача;
- в основних і пікових підігрівниках мережевої води;
- у пароперетворювачах, РОУ та паропроводах, які з ними зв'язані;
- на підготовку і підігрів хімічно очищеної води для поповнення неповерненого конденсату та підживлення теплової мережі;
- у парогенераторах під час продувки системи.

Крім того, до V_t включено частку палива, витрачену на виробництво електроенергії, що виконується для роботи мережевих, підживлювальних та конденсатних насосів для відпуску теплової енергії споживачеві.

Витрату палива на виробництво електроенергії V_e можна визначити за формулою

$$V_e = V_{\text{ТЕЦ}} E_{\text{від}} [1 - (Q_{\text{від}} + Q_{\text{втр}}^{\text{від}}) / (Q_{\text{пр}}^{\text{бр}} - Q_{\text{пр}}^{\text{в.п}}) \eta_{\text{пр}}] / (E_{\text{від}} - E_{\text{в.п}}^{\text{т}}),$$

де $Q_{\text{пр}}^{\text{бр}}$ – теплота (брутто), вироблена парогенераторами ТЕЦ; $Q_{\text{пр}}^{\text{в.п}}$ – витрата теплоти на власні потреби парогенераторів; $E_{\text{в.п}}^{\text{т}}$ – сумарні витрати електроенергії на власні потреби, пов'язані з відпуском теплоти споживачеві.

Використовуючи значення V_e , можна визначити питому втрату палива $b_{\text{від}}^e$ на 1 кВт год відпущеної електроенергії і питомий ККД ТЕЦ $\eta_{\text{ТЕЦ}}^{e(\text{від})}$ на відпущення електроенергії:

$$b_{\text{від}}^e = V_e / E_{\text{від}} ;$$

$$\eta_{\text{ТЕЦ}}^{e(\text{від})} = E_{\text{від}} / V_e Q_{\text{н}}^{\text{р}}.$$

За відомим значенням $V_t = (V_{\text{ТЕЦ}} - V_e)$ визначають питомий ККД ТЕЦ для виробництва теплоти $\eta_{\text{ТЕЦ}}^{\text{т}}$ і питому витрату палива на відпущену теплову енергію:

$$b_{\text{від}}^{\text{т}} = V_t / Q_{\text{від}}.$$

Собівартість відпущеної з ТЕС електричної енергії є важливим техніко-економічним показником. Вона дорівнює відношенню річних витрат $Z_{\text{рік}}$ до річної кількості відпущеної електроенергії рік від $E_{\text{від}}^{\text{рік}}$:

$$s = Z_{\text{рік}} / E_{\text{від}}^{\text{рік}}.$$

Річні витрати $Z_{\text{рік}}$ складаються з витрат на паливо $Z_{\text{п}}$, на поточні й капітальні ремонти $Z_{\text{к}}$ і витрат на зарплату персоналу $Z_{\text{пер}}$:

$$Z_{\text{рік}} = Z_{\text{п}} + Z_{\text{к}} + Z_{\text{пер}}.$$

Паливну складову витрат знаходять за формулою

$$Z_{\text{в}} = V_{\text{рік}} \Pi_{\text{у.п}},$$

де $V_{\text{рік}}$ – річна витрата палива, кг; $\Pi_{\text{у.п}}$ – ціна 1 кг умовного палива, грн/кг.

Складову витрат на ремонти визначають зі співвідношення

$$Z_k = p_k k,$$

де p_k – коефіцієнт, що враховує відрахування від капіталовкладень, ($p_k = 0,1 \dots 0,11$); k – розмір капітальних витрат на спорудження КЕС, грн.

Витрати на зарплату персоналові знаходять за формулою

$$Z_{\text{пер}} = 1,4 \Pi c N_{\text{вст}},$$

де 1,4 – коефіцієнт, що враховує нарахування на зарплату; Π – штатний коефіцієнт, осіб/МВт; c – середня річна зарплата, грн/(осіб рік); $N_{\text{вст}}$ – встановлена електрична потужність агрегатів, МВт.

Урахувавши раніш отримані співвідношення отримаємо:

$$s = b^{\text{рік}}_{\text{від}} \Pi_{\text{у.п}} + (p_k k + 1,4 \Pi c N_{\text{вст}}) / \tau_{\text{в.в.п}} (1 - K^{\text{рік}}_{\text{в.п}}),$$

де $K^{\text{рік}}_{\text{в.п}}$ – коефіцієнт, що враховує, яку частину виробленої енергії витрачено на власні потреби на рік.

Для техніко-економічного порівняння варіантів ТЕС використовують не собівартість, а питомі розрахункові витрати, що враховують ефективність капіталовкладень, яку визначають за формулою

$$z = s + E_n k / \tau_{\text{уст}} (1 - k^{\text{рік}}_{\text{с.н}}),$$

де E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень, прийнятий для енергетики рівним 0,12.

Варіант з мінімальним значенням питомих розрахункових витрат (3) є економічно найвигіднішим. Порівнювані варіанти треба доводити до однакового енергетичного ефекту (однакові потужності, рівні кількості відпущеної електроенергії і теплоти, однакові надійності електро- і теплопостачання).

Для розрахунку собівартості теплової і електричної енергії на ТЕЦ треба розділити річні витрати між цими двома видами продукції. Витрати на паливо поділяють пропорційно розподілу палива на електроенергію і теплоту:

$$Z_{\text{п}}^e = V^{\text{рік}}_e \Pi_{\text{п}};$$

$$Z_{\text{п}}^{\tau} = V^{\text{рік}}_{\tau} \Pi_{\text{п}}.$$

Витрати машинного залу та електроцеху (45 % амортизаційних витрат і 35 % витрат на персонал) цілком відносять на виробництво електроенергії. Загальностанційні питомі витрати (5 % амортизаційних відрахувань, 30 % витрат на зарплату) розподіляють між тепло- і електроенергією пропорційно витратам цехів:

$$s_{e,\text{від}} = Z_{\text{п}}^e / E_{\text{від}}^{\text{рік}} ; \quad (16.18)$$

$$s_{\text{т},\text{від}} = Z_{\text{п}}^{\text{т}} / Q_{\text{від}}^{\text{рік}} . \quad (16.19)$$

Контрольні запитання

1. Призначення й основні типи ТЕС.
2. Типові схеми ТЕС.
3. Особливості технологічної схеми ТЕС, що працює на твердому паливі.
4. Особливості конденсаційних і теплофікаційних ТЕС.
5. Міні-ТЕЦ. Теплофікація і централізоване тепlopостачання.
6. Коефіцієнт використання встановленої потужності і кількості годин використання встановленої потужності.
7. Базові та пікові енергоустановки.
8. Техніко-економічні показники ТЕС.
9. Питомі капітальні витрати і показники собівартості виробітку електричної і теплової енергії.

Тема 5 ТРАНСПОРТУВАННЯ І СПОЖИВАННЯ ТЕПЛОВОЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

5.1 Основні споживачі теплової енергії

Основними споживачами теплової енергії є промислові підприємства і житловокомунальне господарство. Для більшості виробничих споживачів потрібна тепла енергія у вигляді пари (насиченої чи перегрітої) або гарячої води. Наприклад, для силових агрегатів, що мають як привод парові машини або турбіни (парові молоти і преси, кувальні машини, турбонасоси, турбокомпресори та ін.), необхідна пара тиском 0,8-3,5 МПа перегріта до 250-450 °С. Для технологічних апаратів і пристроїв (різного роду підігрівники, сушарки, випарні апарати, хімічні реактори) переважно потрібна насичена чи слабо перегріта пара тиском 0,3-0,8 МПа і вода з температурою 150 °С.

У житлово-комунальному господарстві основними споживачами теплоти є системи опалення і вентиляції житлових і громадських будинків, системи гарячого водопостачання і кондиціонування повітря. У житлових і громадських будинках температура поверхні опалювальних приладів відповідно до вимог санітарно-гігієнічних норм не повинна перевищувати 95 °С, а температура води в кранах гарячого водопостачання має бути не нижче 50-60 °С у відповідності з вимогами комфортності і не вище 70 °С – за нормами техніки безпеки. У зв'язку з цим у системах опалення, вентиляції і гарячого водопостачання в якості теплоносія застосовується гаряча вода.

5.2 Системи теплопостачання

Системою теплопостачання називається комплекс пристроїв для вироблення, транспортування і використання теплоти.

Теплопостачання споживачів (систем опалення, вентиляції, гарячого водопостачання і технологічних процесів) складається з трьох взаємозалежних процесів: передача теплоти теплоносію, транспорту теплоносія і використання його теплового потенціалу. Системи теплопостачання класифікуються по

наступним основним ознакам: потужності, виду джерела теплоти і теплоносія. По потужності системи теплопостачання характеризуються дальністю передачі теплоти і кількістю споживачів і можуть бути місцевими, децентралізованими та централізованими. Місцеві системи теплопостачання – це системи, у яких три основних ланки об'єднані і знаходяться в одному чи суміжних приміщеннях. При цьому одержання теплоти і передача її повітрю приміщень об'єднані в одному пристрої і розташовані в опалювальних приміщеннях. Централізовані системи теплопостачання – системи, у яких від одного джерела подається теплота для багатьох приміщень. По виду джерела теплоти розділяють на районне теплопостачання і теплофікацію. В районному теплопостачанні джерелом теплоти служить районна котельня, при теплофікації – ТЕЦ. Теплоносій одержує теплоту в районній котельні (чи ТЕЦ) і по зовнішнім трубопроводам, тепловим мережам надходить у системи опалення, вентиляції промислових, суспільних і житлових будинків. У нагрівальних приладах, розташованих усередині будинків, теплоносій віддає частину акумульованої в ньому теплоти і по спеціальним трубопроводам відводиться назад до джерела теплоти.

Теплоносій – середовище, що передає теплоту від джерела до нагрівальних приладів систем опалення, вентиляції і гарячого водопостачання. По виду теплоносія системи теплопостачання поділяються на дві групи водяні і парові. У водяних системах теплопостачання теплоносієм служить вода, у парових – пара. Для міст і житлових районів використовують водяні системи теплопостачання. Пару застосовують на промислових площадках для технологічних цілей.

Системи водяних теплопроводів бувають одно- й двотрубними (в окремих випадках багатотрубними). Найбільш розповсюдженою є двотрубна система теплопостачання (по одній трубі гаряча вода подається споживачу, по , зворотній, охолоджена вода повертається на ТЕЦ чи в котельню). Розрізняють відкриту і закриту системи теплопостачання. У відкритій системі здійснюється "безпосередній водоразбір", тобто гаряча вода з мережі, яка її подає,

розбирається споживачами для господарських, санітарно-гігієнічних нестатків. При повному використанні гарячої води може бути застосована однотрубна система. Для закритої системи характерно майже повне повернення мережної води на ТЕЦ (чи районну котельню). Місце приєднання споживачів тепла до теплопровідної мережі називається абонентським введенням.

До теплоносіїв систем централізованого теплопостачання ставлять відповідні санітарно-гігієнічні вимоги (теплоносій не повинен погіршувати санітарні умови в закритих приміщеннях – середня температура поверхні нагрівальних приладів не може перевищувати 70-80 °С), техніко-економічні (вартість транспортних трубопроводів повинна бути найменшою, маса нагрівальних приладів – малою, витрата палива для нагрівання приміщень – мінімальна) і експлуатаційні вимоги (можливість центрального регулювання тепловіддачі систем споживання в зв'язку із змінними температурами зовнішнього повітря).

Параметри теплоносіїв – температура і тиск. Замість тиску на практиці використовується напір H . Напір і тиск зв'язані залежністю – $H = P / \rho g$, де H – напір, м; P – тиск, Па; ρ – щільність теплоносія, кг/м³; g – прискорення вільного падіння, м /с². Потужність теплового потоку Q (кВт), що віддається водою, характеризується формулою $Q = G c_p (t_1 - t_2)$, де G – масова витрата води через систему теплопостачання, кг/с; c_p – питома теплоємність води ($c_p = 4,19$ кДж/кг К); t_1 – температура води після джерела теплоти до системи споживання; t_2 – температура води після системи споживання до джерела теплоти. В системах теплопостачання застосовують значення температур води: $t_1 = 105$ °С (95 °С), $t_2 = 70$ °С – в системах опалення житлових і суспільних будинків; в системах централізованого теплопостачання від котельні чи ТЕЦ, а також у системах опалення промислових будинків – $t_1 = 150$ °С, $t_2 = 70$ °С.

5.3 Теплові мережі

Основними елементами теплових мереж є трубопровід, що складається зі сталевих труб, ізоляційної конструкції, призначеної для захисту трубопроводу

від зовнішньої корозії і теплових витрат, і несучої конструкції, що сприймає вагу трубопроводу і зусилля, які виникають при його експлуатації.

Найбільш відповідальними елементами є труби, які повинні бути досить міцними і герметичними при максимальних тисках і температурах теплоносія, мати низький коефіцієнт температурних деформацій, малу шорсткість внутрішньої поверхні, антикорозійну стійкість, високий термічний опір стінок, для збереження теплоти, незмінність властивостей матеріалу при тривалому впливі високих температур і тисків.

Теплова ізоляція накладається на трубопроводи для зниження втрат теплоти при його транспортуванні. Витрати теплоти знижуються при надземній прокладці в 10-15 разів, а при підземної – у 3-5 разів у порівнянні з неізольованими трубопроводами. Теплова ізоляція повинна мати достатню механічну міцність, довговічність, стійкість проти зволоження (гідрофобність), не створювати умов для виникнення корозії і при цьому бути дешевою. Вона представлена наступними конструкціями: сегментною, обгортковою, набивною, литою і мастичною. Вибір ізоляційної конструкції залежить від способу прокладки теплопроводу.

Сегментну ізоляцію виготовляють з раніше зроблених формованих сегментів різної форми, які накладають на трубопровід, обв'язуються дротом, а покривають зовні азбестоцементною штукатуркою. Сегменти виготовляються з пінобетону, мінеральної вати, газоскла та ін. Обгорткова ізоляція виконується з мінеральної повсті, азбестового термоізоляційного шнура, алюмінієвої фольги й азбестових листових матеріалів. Зазначеними матеріалами покривають труби в один чи кілька шарів і кріплять бандажами зі смугового металу. Обгорткові ізоляційні матеріали використовують в основному для ізоляції арматури, компенсаторів, фланцевих з'єднань. Набивна ізоляція застосовується у виді чохлів, оболонок, сіток із заповненням порошкоподібними сипучими і волокнистими матеріалами. Для набивання застосовується мінеральна вата, пінобетонна крихта й інше. Литя ізоляція використовується при прокладках трубопроводів у непрохідних каналах і безканалних прокладках. В якості

ізоляції використовується пінобетон. Мастична ізоляція застосовується тільки при ремонті теплових мереж, прокладених в приміщеннях чи в прохідних каналах. Ізоляція з мастики накладається шарами по 10-15 мм на гарячий трубопровід по мірі висихання попередніх шарів. В якості матеріалу застосовується совеліт, вулканіт і інше.

Температура на поверхні ізоляційної конструкції не повинна бути вище 60 °С. Товщину шарової ізоляції визначають на основі розрахунків. Існує поняття критичного діаметра ізоляції, при якому теплові втрати мінімальні, $\alpha_{кр} = 2 \lambda_{из} / \alpha_2$, де $\lambda_{из}$ – коефіцієнт теплопровідності ізоляційного матеріалу, Вт/м К; α_2 – коефіцієнт тепловіддачі від поверхні ізоляції до навколишнього середовища, Вт/м² К. З сучасних матеріалів відзначимо ізоляційні будматеріали на основі мінеральних ват, які одержують з базальтових порід при температурі близько 1500 °С. Утворення волокон відбувається шляхом центрифугування розплавленої сировини при великій швидкості обертання дисків. Одночасно додаються зв'язувальні речовини й олія. Волокна міцно утримують повітря, яке є відмінним ізолятором. Високі пожежотехнічні властивості й прекрасні механічні параметри вигідно відрізняють таку мінеральну вату від інших огорожуючих конструкцій. Ізоляційні мінеральні вати поглинають похідні фреону, що вразливо діє на озоновий шар.

Прокладка трубопроводів здійснюється над землею, на землі і під землею. Надземна прокладка застосовується при високому рівні ґрунтових і зовнішніх вод, на території промислових підприємств, при перетинанні ярів, рік, багатоколійних залізничних колій. При підземній прокладці трубопроводи розміщаються або безпосередньо в ґрунті (безканальна прокладка), або в непрохідних, напівпрохідних і прохідних каналах.

Існуючі конструкції безканальної прокладки трубопроводів можна розділити на три групи – у монолітних оболонках, засипні й литі. Трубопроводи в монолітних оболонках – в якості ізоляції використовуються битумперлит, битумкерамзит та інші матеріали на бітумному в'язкому. Недоліком таких трубопроводів є необхідність ізоляції стиків. Безканальні засипні трубопроводи

– це виготовлення ізоляційного шару робиться на трасі трубопроводу: труби засипають асфальтоізолом, нагрівають до 140-150 °С і витримують при цій температурі. У результаті виходить тришарова ізоляція – перший шар щільний з розплавленого асфальтоізолу, другий – спечений з пористою структурою, третій – зовнішній з неспеченого порошку. Литі безканалні трубопроводи – трубопроводи, попередньо покриті захисним антикорозійним шаром (асфальтовою мастикою), монтуються в траншеї і заливаються рідкою пінобетонною масою. Після затвердіння засипаються ґрунтом. Максимальний діаметр трубопроводу при безканалній прокладці не перевищує 800-900 мм.

У каналних трубопроводах канали споруджують зі збірних залізобетонних елементів. Основна перевага прохідних каналів полягає в можливості доступу до трубопроводу, його ревізії і ремонту без розкриття ґрунту. Прохідні канали (колектори) споруджують при наявності великого числа трубопроводів. Обладнують іншими підземними комунікаціями електрокабелями, водопроводом, газопроводом, телефонними кабелями, вентиляцією, електроосвітленням низької напруги.

Напівпрохідні канали застосовують при прокладці невеликого числа труб (2-4) у тих місцях, де за умовами експлуатації неприпустиме розкриття ґрунту, і при прокладці трубопроводів великих діаметрів (800-1400 мм).

Ізоляцію трубопроводів у прохідних і напівпрохідних каналах роблять наступним способом: зовнішня поверхня покривається антикорозійним шаром (емаль, ізол, брізол і т. і.), поверх основного накладається теплоізоляційний шар – шкарлупи з мінеральної вати, армовані сталеву сіткою, потім азбестоцементні футляри, закріплені сталевими бандажами на трубопроводі.

Непрохідні канали виготовляють з уніфікованих залізобетонних елементів. Вони являють собою коритоподібний лоток з перекриттям зі збірних залізобетонних плит. Зовнішню поверхню стін лотка покривають руберойдом на бітумній мастиці. Ізоляція – антикорозійний захисний шар, теплоізоляційний шар (мінеральна вата чи піноскло), захисне механічне покриття у вигляді металеву сітки чи дроту, зверху – шар азбестоцементної штукатурки.

5.4 Електроенергетичні системи й електричні мережі

Електрична частина електростанції містить в собі різноманітне основне і допоміжне устаткування.

До основного устаткування, призначеного для виробництва і розподілу електроенергії, відносяться: синхронні генератори, що виробляють електроенергію (на ТЕС – турбогенератори); збірні шини, призначені для прийому електроенергії від генераторів і розподілу її до споживачів; комутаційні апарати-вимикачі, призначені для включення і відключення ланцюгів у нормальних і аварійних умовах, і роз'єднувачі, призначені для зняття напруги з знеструмлених частин електроустановок і для створення видимого розриву ланцюга; електроприймачі власних потреб (насоси, вентилятори, аварійне електричне висвітлення і т.д.).

Допоміжне устаткування призначено для виконання функцій виміру, сигналізації, захисти й автоматики і т.д.

Енергетична система (енергосистема) складається з електричних станцій, електричних мереж і споживачів електроенергії, з'єднаних між собою і зв'язаних спільністю режиму в безупинному процесі виробництва, розподілу і споживання електричної і теплової енергії при загальному керуванні цим режимом.

Електроенергетична (електрична) система – це сукупність електричних частин електростанцій, електричних мереж і споживачів електроенергії, зв'язаних спільністю режиму і безперервністю процесу виробництва, розподілу і споживання електроенергії.

Електрична система – частина енергосистеми, за винятком теплових мереж і теплових споживачів.

Електрична мережа – сукупність електроустановок для розподілу електричної енергії, складається з підстанцій, розподільних пристроїв, повітряних і кабельних ліній електропередачі. По електричній мережі здійснюється розподіл електроенергії від електростанцій до споживачів.

Лінія електропередачі – повітряна чи кабельна мережа, призначена для передачі електроенергії.

Застосовують стандартні номінальні напруги трифазного струму частотою 50 Гц у діапазоні 0,38, 6-750 кВ, для генераторів – номінальна напруга 3-21 кВ.

Передача електроенергії від електростанцій по лініях електропередачі здійснюється при напругах 110-750 кВ, тобто значно перевищуючі напругу генераторів. Електричні підстанції застосовуються для перетворення електроенергії однієї напруги в електроенергію іншої.

Електрична підстанція – це електроустановка, призначена для перетворення та розподілу електричної енергії. Підстанції складаються з трансформаторів, збірних шин і комутаційних апаратів, а також допоміжного устаткування: пристроїв релейного захисту й автоматики, вимірювальних приладів. Підстанції призначені для зв'язку генераторів і споживачів з лініями електропередачі.

Класифікація електричних мереж може здійснюватися за родом струму, номінальною напругою, виконуваними функціями, характером споживача, конфігурацією схеми мережі. По роду струму розрізняються мережі змінного і постійного струму; по напрузі: надвисокої напруги ($U_{\text{ном}} > 330$ кВ), високої напруги $U_{\text{ном}} = 3-220$ кВ, низької напруги ($U_{\text{ном}} < 1$ кВ). За конфігурацією схеми мережі поділяються на замкнуті й розімкнуті. За виконуваними функціями розрізняються системоутворюючі, живильні та розподільчі мережі. Системоутворюючі мережі напругою 330-1150 кВ здійснюють функції формування об'єднаних енергосистем, що включають потужні електростанції, забезпечують їх функціонування як єдиного об'єкта керування та передачу електроенергії. Вони здійснюють системні зв'язки, тобто зв'язки між енергосистемами дуже великої довжини. Режимом системоутворюючих мереж керує диспетчер об'єднаного диспетчерського керування, в який входить кілька районних енергосистем – районних енергетичних управлінь.

Живильні мережі призначені для передачі електроенергії від підстанцій системоутворюючій мережі і частково від шин 110-220 кВ електростанцій до центрів живлення розподільних мереж – районним підстанціям. Живильні мережі звичайно замкнуті. Як правило, напруга цих мереж складає 110-220 кВ, по мірі росту щільності навантажень, потужності станцій і довжини електричних мереж напруга іноді досягає 330-500 кВ.

Районна підстанція звичайно має вищу напругу 110-220 кВ і нижчу напругу 6-35 кВ. На цій підстанції встановлюють трансформатори, що дозволяють регулювати під навантаженням напругу на шинах нижчої напруги.

Розподільча мережа призначена для передачі електроенергії на невеликі відстані від шин нижчої напруги районних підстанцій до промислових, міських, сільських споживачів. Такі розподільчі мережі звичайно розімкнуті. Розрізняють розподільчі мережі високого ($U_{ном} > 1$ кВ) і низького ($U_{ном} < 1$ кВ) напруги. У свою чергу, по характеру споживача розподільчі мережі підрозділяються на мережі промислового, міського і сільськогосподарського призначення. Переважне поширення в розподільних мережах має напруга 10 кВ. Мережі 6 кВ застосовуються при наявності на підприємствах значного навантаження електродвигунів з номінальною напругою 6 кВ. Напруга 35 кВ широко використовується для створення центрів живлення мереж 6 і 10 кВ, в основному, в сільській місцевості.

Для електропостачання великих промислових підприємств і великих міст здійснюється глибоке уведення високої напруги, тобто спорудження підстанцій з первинною напругою 110-500 кВ поблизу центрів навантажень. Мережі внутрішнього електропостачання великих міст – це мережі 110 кВ, в окремих випадках до них відносяться глибокі введення 220/10 кВ. Мережі сільськогосподарського призначення в даний час виконують на напругу 0,4-110 кВ.

Повітряні лінії електропередач призначені для передачі електроенергії на відстань по проводах. Їх основними конструктивними елементами є проводи (служать для передачі електроенергії), троси (служать для захисту ПЛ від

грозових перенапруг), опори (підтримують проводи і троси на визначній висоті), ізолятори (ізолюють провід від опори), лінійна арматура (за її допомогою дроти закріплюються на ізоляторах, а ізолятори на опорах).

Найбільш розповсюджені проводи – алюмінієві, сталевалюмінієві, а також зі сплавів алюмінію. Силкові кабелі складаються з однієї чи декількох струмопровідних жил, відділених одна від одної і від землі ізоляцією.

Струмопровідні жили – з алюмінію однодротові (перерізом до 16 мм²) чи багатодротові. Кабель з мідними жилами застосовують у вибухонебезпечних приміщеннях.

Ізоляція виконується зі спеціальною просоченою мінеральною олією кабельного паперу, що накладається у вигляді стрічок на струмопровідні жили, а також може бути гумовою чи поліетиленовою. Захисні оболонки, що накладаються поверх ізоляції для запобігання її від вологи і повітря, бувають свинцевими, алюмінієвими чи полівінілхлоридними. Для захисту від механічних ушкоджень передбачена броня зі сталевих стрічок чи дротів. Між оболонкою і бронею – внутрішні і зовнішні захисні покрити.

Внутрішній захисний покрив (подушка під бронею) – джутовий прошарок з бавовняної просоченої пряжі чи з кабельного сульфатного папера. Зовнішній захисний покрив – із джуту, покритого антикорозійним складом.

Істотну частину в споживанні електроенергії складають втрати в мережах.

Контрольні запитання

1. Основні споживачі теплової енергії.
2. Класифікація систем тепlopостачання.
3. Теплові мережі. Особливості прокладки трубопроводів.
4. Устаткування електроенергетичних мереж.
5. Класифікація електричних мереж.

Тема 6 ЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ ТА НЕТРАДИЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

6.1 Класифікація та напрями використання вторинних енергетичних ресурсів

Вторинні енергетичні ресурси (ВЕР) являють собою енергетичний потенціал продукції, побічних і проміжних продуктів, що утворюються в технологічних агрегатах (установках) і втрачаються в самому агрегаті, але можуть частково або цілком використовуватись для енергопостачання. Раціональне використання ВЕР – один з найбільших резервів зниження паливо та енергоємності промислової продукції.

Вторинні енергетичні ресурси можна використати безпосередньо без зміни виду енергоносія (для задоволення потреби в тепловій енергії і паливі) або зі зміною виду енергоносія виробленням теплової та електричної енергії, холоду або механічною роботою в утилізаційних установках.

Багато галузей народного господарства мають у своєму розпорядженні великий резерв паливних і теплових ВЕР, що посідають значне місце в їх паливно-енергетичному балансі. Найбільші теплові ВЕР зосереджені на підприємствах чорної і кольорової металургії, хімічної, нафтопереробної і нафтохімічної промисловості, промисловості будівельних матеріалів, газової і важкого машинобудування, де широко використовують теплоту високого, середнього і низького потенціалів. 90 % теплоти високого потенціалу (більше 623 К) витрачають: близько 33 % – на плавку, 40 % – на нагрівання і близько 20 % – на випал руд і мінеральної сировини. Велику частину теплоти високого потенціалу одержують за рахунок спалювання різних видів палива безпосередньо в технологічних установках.

Теплоту середнього (373...622 К) і низького (323...423 К) потенціалів застосовують для тепlopостачання споживачів, що потребують підвищених значень температури і тиску. Понад 90 % її корисного споживання витрачають у промисловості (45 %) та житлово-комунальному секторі (48,5 %). Основними

енергоносіями, що забезпечують енергією середньої низькотемпературні процеси, є водяна пара і гаряча вода.

Підприємства важкого, енергетичного і транспортного машинобудування України мають у своєму розпорядженні величезний потенціал ВЕР у вигляді фізичної теплоти димових газів мартенівських, нагрівальних і термічних печей, вагранок, теплоти випарного охолодження печей, теплоти відпрацьованої пари пресів і молотів. Мають вторинні відновлювані енергоресурси і підприємства інших галузей господарства.

Одне з найважливіших завдань удосконалення будь-якої галузі – виявлення резервів економічного та екологічного використання ВЕР для цілей виробництва і забезпечення потреб побутового споживання.

Поряд із збільшенням економії паливно-енергетичних ресурсів утилізація ВЕР дозволяє знизити негативний екологічний вплив енергопостачання й енергоспоживання на навколишнє середовище.

Джерелом виникнення ВЕР є технологічне обладнання та процеси (зона А, рис. 6.1), у яких одну частину підведеної енергії вигідно використовують, а другу частину умовно поділяють на три потоки: перший (основний) потік – ВЕР; другий – потік енергії, що використовують для забезпечення внутрішньоциклових процесів (регенерації, підігріву робочого тіла тощо); третій – неминучі втрати енергії в навколишнє середовище відповідно до другого закону термодинаміки.

Характерною ознакою зони А є те, що використання всіх енергоресурсів відбувається в межах самого технологічного агрегату (котла, турбіни, теплообмінника). Якщо розглядати ефективність роботи агрегату тільки в зоні А, то ВЕР у цьому разі належать до втрат і значно впливають на значення ККД установки. Тому важливим завданням для підвищення її ефективності є використання ВЕР в максимально великому обсязі.

Для зони Б (рис. .1) характерним є два шляхи використання ВЕР: перший – безпосередньо у нових процесах, не пов'язаних з технологічною роботою агрегатів, де виникають ВЕР (зона А); другий – використання

спеціальних утилізаційних установок (УУ), де ВЕР виконують функції головного джерела підведеної енергії, завдяки чому виробляють кінцевий продукт. Тому загальний потік ВЕР, який переходить із зони А в зону Б, поділяється на два потоки. Перший потік ВЕР можна використовувати безпосередньо в стандартних технологічних агрегатах; другий – направляють до УУ, де вже трансформованим його використовують за призначенням.

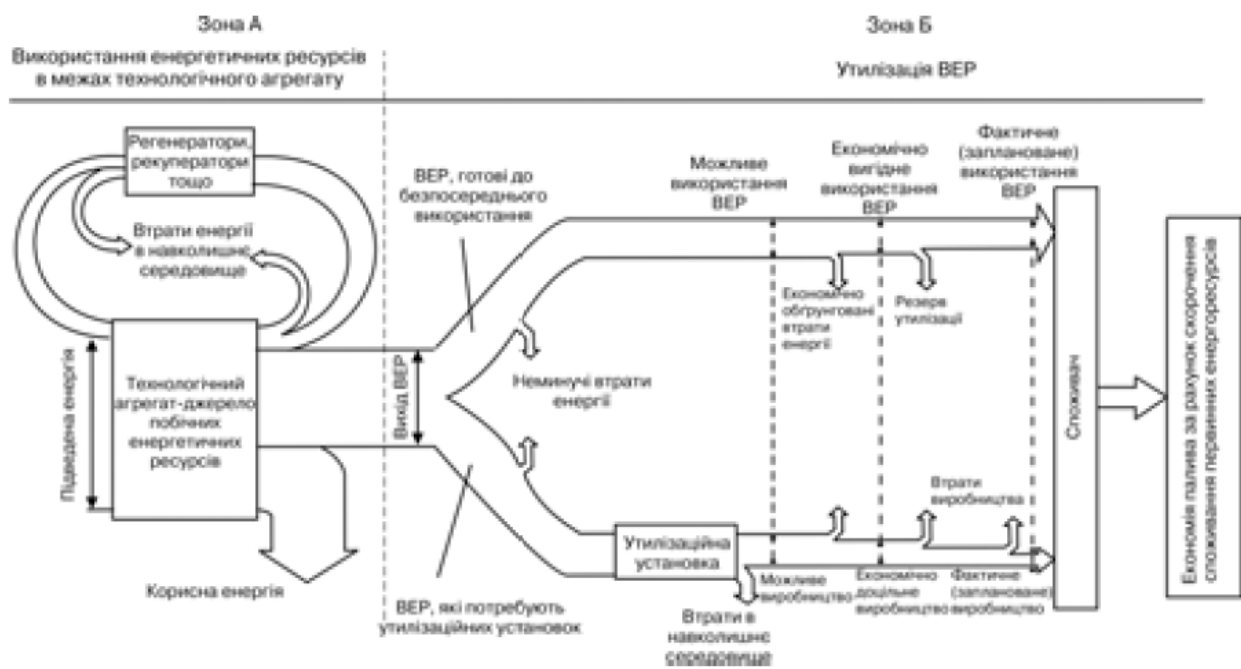


Рисунок 6.1 – Принципова схема використання ВЕР

В однакових первинних умовах ефективність використання першого потоку вища. Використання УУ, у якій виникають свої втрати енергії, пов’язані з відведенням теплової енергії в навколишнє середовище та наявністю необоротності термодинамічних процесів, знижує ефективність другого потоку.

Процес використання ВЕР (першим або другим способом) у зоні Б – це утилізація, економічна доцільність якої визначається економічними розрахунками. Основним критерієм доцільності використання першого або другого потоків ВЕР є перевищення доходів над витратами для їх одержання.

Вторинні енергетичні ресурси за їх характеристиками поділяють на паливні, теплові та підвищеного тиску.

Паливні ВЕР мають хімічно зв'язану енергію. Їх можна використати як паливо, щоб забезпечити протікання процесів в інших технологічних агрегатах. До них належать горючі гази плавильних печей (доменний, конвертерний, колошниковий), горючі відходи процесів хімічної і термохімічної переробки вуглецевої або вуглецеводневої сировини (дерев'яна щепа, кора, тирса, стружка) та лужні розчини целюлознопаперового виробництва.

Теплові ВЕР – це фізична теплота димових газів, основної, побічної та проміжної продукції і відходів різних виробництв.

До таких ВЕР належать водяна пара і гаряча вода, тверді, рідкі та газоподібні продукти, які побіжно виникають у технологічних установках.

ВЕР підвищеного тиску – потенційна енергія газів, що виходять з технологічних агрегатів з надлишковим тиском, який треба знижувати перед подальшим використанням або викидом їх в атмосферу. До них належать станційні колошникові гази доменних печей, відпрацьована в силових установках водяна пара, гази каталітичного крекінгу та термоконтактного коксування.

ВЕР низькопотенційної теплоти (ВЕР НПТ). До низькопотенційних теплових відходів належить фізична теплота:

- димових газів технологічних і енергетичних установок із температурою нижче 400 °С;
- води, що охолоджує елементи конструкцій технологічного устаткування;
- вентиляційних викидів;
- водяної пари вторинного скипання тощо.

ВЕР НПТ складають близько половини від сумарного виходу усіх видів ВЕР. Актуальність ефективного використання цього виду ВЕР пов'язана з потребою удосконалення технологічних процесів і скороченням втрат теплоти високого потенціалу. Утилізація ВЕР НПТ також сприяє охороні навколишнього середовища від теплового забруднення.

Носіями НПТ є корозійно-активні, забруднені, запилені рідини і газів. Для вирішення завдання ефективного використання НПТ потрібне спеціальне утилізаційне устаткування (теплові насоси, контактні теплообмінники, регенератори тощо).

Залежно від виду і параметрів вторинні енергоресурси використовують в одному з таких напрямів:

- паливні – як котельно-пічне паливо;
- теплові – в утилізаційних установках або безпосередньо споживачем, щоб забезпечити потреби в тепловій енергії (можливе також одержання штучного холоду за рахунок ВЕР в абсорбційних холодильних установках);
- електроенергетичні – перетворення енергоносія для одержання електричної енергії в газових або парових конденсаційних турбоагрегатах;
- комбіновані – для виробництва в УУ (утилізаційних ТЕЦ) за допомогою теплофікаційного циклу електричної і теплової енергії;
- низькопотенційні – у системах опалення, кондиціонування повітря та охолодження продукції в теплонасосних та холодильних (абсорбційних) установках.

6.2 Ефективність використання ВЕР

Паливні ВЕР необхідно використовувати як паливо повністю (100 %). Об'єм використання вторинних енергетичних ресурсів, що утилізуються з перетворенням енергоносія, визначається можливим виробленням електроенергії в УУ.

Можливу кількість утилізованої теплоти для виробництва водяної пари або гарячої води в УУ за рахунок теплових ВЕР визначають за формулою

$$Q_T = G (h_1 - h_2) \beta (1 - \xi),$$

а для виробництва холоду так:

$$Q_x = Q_T \varepsilon ,$$

де G – витрата енергоносія ВЕР в УУ; h_1 і h_2 – ентальпія енергоносія відповідно на вході і виході з УУ; β – коефіцієнт, що враховує невідповідність

режиму і кількості годин роботи УУ та агрегату – джерела ВЕР; ξ – коефіцієнт втрат теплоти УУ в зовнішнє середовище; ε – холодильний коефіцієнт.

Можливу кількість електроенергії в утилізаційній турбіні за рахунок ВЕР у вигляді надлишкового тиску визначають за формулою

$$W = G \tau l \eta_{\text{ві}} \eta_{\text{м}} \eta_{\text{г}},$$

де G – витрата енергоносія (рідини або газу, які мають надлишковий тиск); τ – кількість годин роботи агрегату – джерела ВЕР в розглядуваний період; l – робота ізоентропійного розширення енергоносія; $\eta_{\text{ві}}$ – внутрішній відносний ККД турбіни; $\eta_{\text{м}}$ – механічний ККД турбіни; $\eta_{\text{г}}$ – ККД електрогенератора.

Економічна ефективність використання ВЕР визначається значенням зведених витрат на систему енергопостачання, енергетичну установку або агрегат:

$$B = C + E_{\text{н}} K,$$

де B – зведені витрати, грн/рік; C – річні експлуатаційні витрати (собівартість), грн/рік; $E_{\text{н}}$ – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень, який для енергетичної галузі дорівнює $0,12 \text{ рік}^{-1}$; K – капіталовкладення, грн.

Економічно найефективнішим є варіант, який характеризується мінімумом зведених витрат B_{min} . Зведені витрати для варіантів енергопостачання з утилізацією ВЕР можна визначити за співвідношенням

$$B_{\text{ут}} = C_{\text{ут}} + E_{\text{н}} K_{\text{ут}},$$

а для енергопостачання без утилізації ВЕР за рівнянням

$$B_{\text{б.ут}} = C_{\text{б.ут}} + E_{\text{н}} K_{\text{б.ут}}.$$

Економічний ефект від використання ВЕР визначається різницею в річних зведених витратах за порівнюваними варіантами:

$$\Delta B = B_{\text{б.ут min}} - B_{\text{ут min}} = C_{\text{б.ут}} - C_{\text{ут}} - E_{\text{н}} (K_{\text{б.ут}} - K_{\text{ут}}).$$

Використання ВЕР економічно доцільне для позитивного значення різниці ($\Delta B > 0$).

6.3 Основні схеми використання відпрацьованого тепла

Ефективне використання вторинних енергетичних ресурсів (ВЕР) в Україні не одержало великого поширення. В основному утилізуються високотемпературні теплові ресурси, значно гірше – середньо- і низькотемпературні ВЕР, велика частина яких іноді навіть не враховується. Це газ, які відходять з температурою нижче 3000 °С, охолоджені вода і конденсат з температурою нижче 70 °С та ін. Однак доцільність їх утилізації на промислових підприємствах і використання у системах опалення, вентиляції, гарячого водопостачання очевидні.

Основним способом утилізації теплоти відхідних газів котлових агрегатів ТЕЦ, промислових печей, використання її для власних потреб у різних технологічних процесах є застосування установок, що використовують тепло для підігріву води чи повітря, а також парових котлів-утилізаторів і газотурбінних установок.

Котли – утилізатори (КУ) застосовують для зовнішньої енергетичної утилізації теплових відходів різних теплотехнологічних установок, які не використовують або частково використовують у технологічному процесі. Характерною особливістю КУ є відсутність у них топкового пристрою для спалювання палива (за винятком роботи на відхідних газах, які містять крім фізичної, хімічну теплоту у вигляді паливних складових, які доцільно допалити).

Котли-утилізатори, які застосовують в металургійній, хімічній та інших галузях промисловості, виробляють пару низького (менше 1,5 МПа) і середнього (близько 4 МПа) тиску для одержання електроенергії. Нагрівання води в межах 130-1500 °С і повітря до 2500 °С може здійснюватися відхідними газами у звичайних поверхневих теплообмінних апаратах.

Доцільно використовувати теплоту відпрацьованої виробничої пари, в першу чергу, з метою теплопостачання споживачів, по-друге – для виробництва електроенергії. Можлива схема використання відпрацьованої пари для теплофікації і вироблення електроенергії наведена на рис. 6.2.

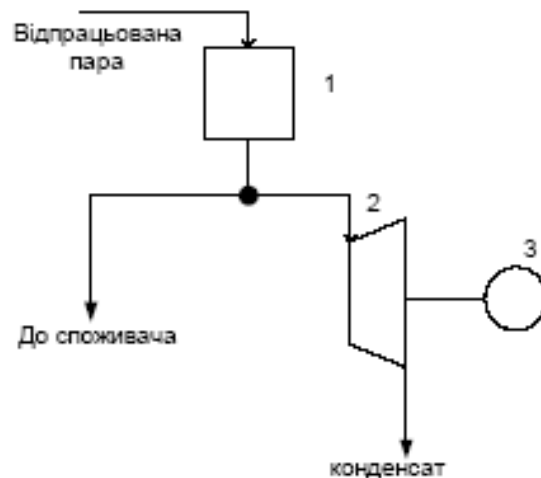


Рисунок 6.2 – Схема комплексного використання відпрацьованої пари: 1- очисник; 2- турбіна; 3 – електрогенератор

Заслугує на увагу використання вторинної пари, яку отримують в результаті вторинного кипіння перегрітої води при розширенні її від тиску P_1 до P_2 ($P_2 < P_1$) або у випарних установках при кипінні будь – яких розчинів. Якщо вторинна пара залежно від способу її отримання має $P = 0,15-0,7$ МПа і вище, тоді утилізація її доцільна.

На рис. 6.3 представлена схема одержання пари вторинного кипіння. Нагріта вода з котла (рис. 6.3) направляється в сепаратор, звідки при зниженні тиску виходить вторинна пара, яка використовується для технологічних цілей, а гаряча вода, що залишилась, – для нагрівання теплоносія в теплообміннику.

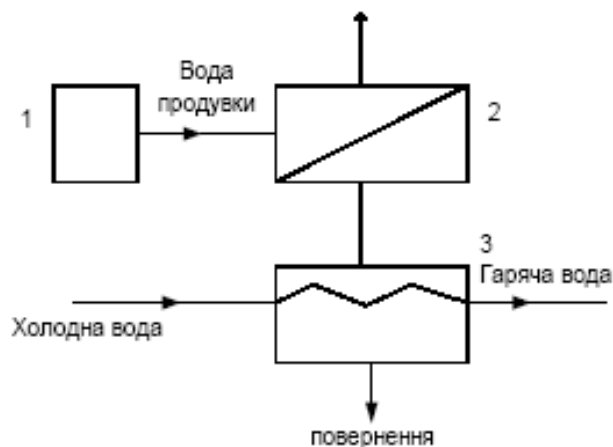


Рисунок 6.3 – Схема отримання пари вторинного кипіння з води безперервної продувки котлів:

1- котел; 2- сепаратор; 3- поверхневий теплообмінник

Становить інтерес використання теплоти конденсату, нагрітої виробничої і побутової зливної води, вентиляційних викидів. Одна з можливих схем використання нагрітої технологічної води подана на рис. 6.4: охолоджена вода з температурою 80-90°C подається з її джерела частково у водопідігрівач 2 для наступного використання споживачем теплоти 3, а частково – безпосередньо до споживачів 3'. Підігрівник 2 живиться паром, яка надходить з котла-утилізатора КУ. Від теплоспоживачів вода насосами 4, 4' збирається в баку 5, після чого насосами 6 подається в систему охолодження агрегату 1.

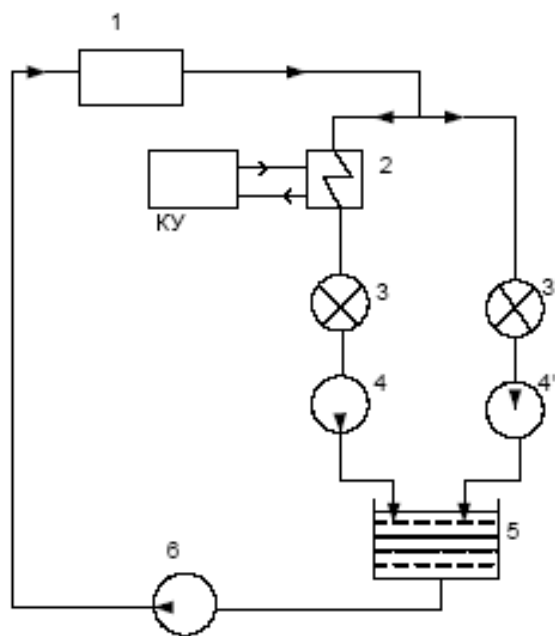


Рисунок 6.4 – Схема використання теплоти охолодженої води для теплопостачання споживачів

Відомо, що збір і повернення конденсату – важливе джерело економії теплоти, а отже і палива. Практика виробництва показує, що раціональна організація збору і використання конденсату дає економію, яка обчислюється сотнями тисяч тонн умовного палива на рік. Зазначена економія може бути отримана і за рахунок утилізації теплоти вентиляційних викидів підприємств при використанні повітряно-повітряних теплообмінників або іншого серійного устаткування для підігріву приточного повітря. Великими є можливості для утилізації теплоти при включенні в енергетичну систему ТЕЦ, котелень, термотрансформаторів і теплових насосів.

6.4 Трансформатори теплоти

Пристрої для переносу теплової енергії від тіла з більш низькою температурою T_H (тепловіддавач) до тіла з більш високою температурою T_B (теплоприймачу), називаються трансформаторами теплоти. Для перетворення теплоти необхідно затратити зовнішню енергію (механічну, електричну і т.д.). Трансформатори теплоти підрозділяються на холодильні й теплонасосні установки.

У холодильних установках температура тепловіддавача T_H нижче температури навколишнього середовища ($T_H < T_0$), тоді як температура теплоприймача дорівнює температурі навколишнього середовища ($T_B = T_0$).

У теплонасосних установках температура тепловіддавача дорівнює або трохи вище температури навколишнього середовища, тоді як температура теплоприймача значно вище температури навколишнього середовища, тобто $T_H \geq T_0$ і $T_B \geq T_0$.

Трансформатор теплоти може працювати як у режимі холодильної установки, так і в режимі теплового насоса, або одночасно в двох режимах. Такий процес називається комбінованим. Принципова схема роботи трансформаторів теплоти наведена на рис. 6.5.

У холодильній установці (рис. 6.5, а) процес протікає наступним образом. Охолоджене тіло А віддає теплоту холодоагенту при температурі $T_H < T_0$; потім у холодильній машині за рахунок підведеної механічної енергії I відбувається підвищення температури холодоагенту до температури T_0 . Нагрітий холодоагент передає в навколишнє середовище кількість теплоти $q_0 = q_H + I$.

У тепловому насосі (рис. 6.5, б) процес протікає аналогічно, але при інших температурних потенціалах. Тут частина теплоти навколишнього середовища з температурою T_0 передається тілу, яке нагрівається Б.

У комбінованій установці (рис. 6.5, в) одночасно відбувається вироблення теплоти і холоду (охолоджується середовище А і нагрівається середовище Б).

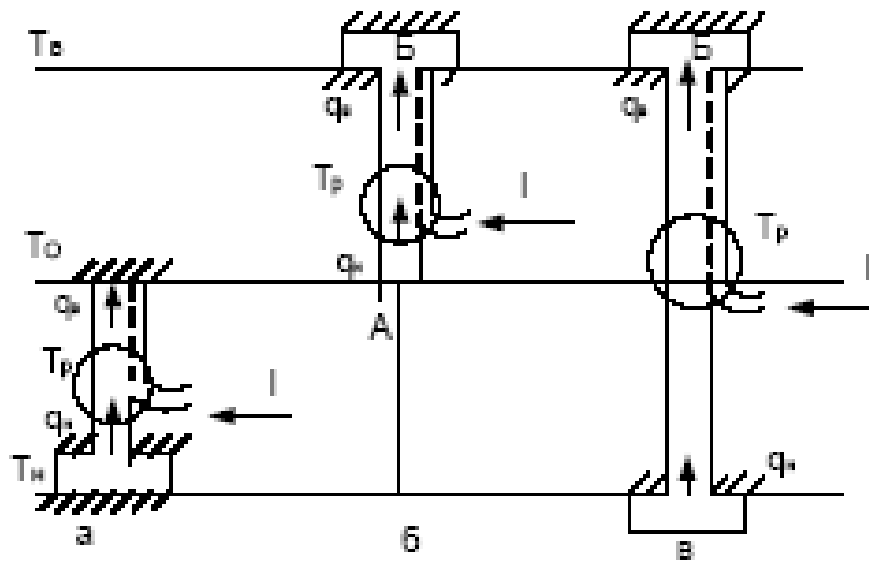


Рисунок 6.5 – Принципова схема роботи трансформаторів теплоти (а - холодильна установка; б – теплонасосна установка; в – комбінована установка)

Отже, в холодильних установках відбувається штучне охолодження тіл, температура яких нижче температури навколишнього середовища, тоді як у теплових насосах використовується теплота навколишнього середовища або інших низькопотенційних джерел з метою теплопостачання. Джерелами низькопотенційної теплоти в теплонасосних установках служать природне середовище (повітря, вода, ґрунт) або промислові відходи теплоти.

Теплові насоси як є засіб теплопостачання ще не одержали великого поширення. Основною умовою, що сприяє їх використанню, є порівняно невеликий перепад температур між теплоприймачем і тепловіддавачем. Тому при використанні промислових відходів теплоти теплові насоси, за інших рівних умов, витрачають менше енергії, ніж при використанні теплоти навколишнього середовища.

6.5 Термодинамічні основи процесів трансформації теплоти

Трансформатори теплоти, призначені для переносу теплоти з нижчого температурного рівня на більш високий, працюють за принципом зворотних циклів. Найбільш удосконаленим з них є зворотний цикл Карно.

На рис. 6.6 представлені зворотні цикли Карно для трансформаторів теплоти, які здійснюють холодильний, теплонасосний і комбінований процеси.

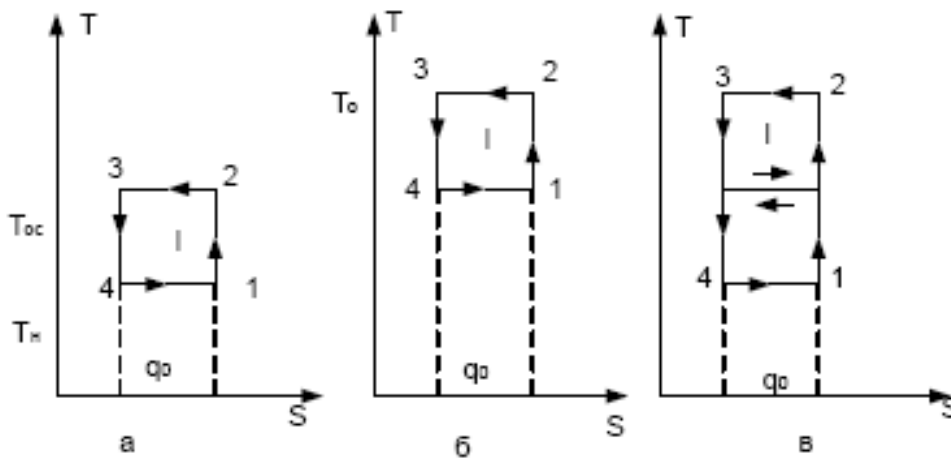


Рисунок 6.6 – Діаграми зворотних циклів:
а – холодильний цикл; б – цикл теплового насосу; в – комбінований цикл

Основне рівняння теплового балансу зворотного циклу:

$$q_{\text{в}} = q_{\text{н}} + I,$$

де $q_{\text{в}}$ і $q_{\text{н}}$ – теплота, передана робочому тілу з більш високою температурою і відведена від охолодженого тіла; I – енергія, підведена до робочого тіла.

Ефективність зворотного холодильного циклу (рис. 6.6) характеризується холодильним коефіцієнтом, тобто відношенням кількості теплоти, відведеної від охолодженого робочого тіла до витраченої роботи циклу.

$$\varepsilon = q_{\text{н}} / I = q_{\text{н}} / (q_{\text{н}} - q_0).$$

Холодильний коефіцієнт циклу Карно:

$$\varepsilon_{\text{к}} = T_{\text{н}} / (T_{\text{о}} - T_{\text{н}}).$$

Ефективність теплового насоса (рис. 6.6, б) оцінюється коефіцієнтом перетворення φ відношення теплоти, яка отримана робочим тілом з температурою $T_{\text{в}}$ до механічної роботи, витраченої в установці:

$$\varphi = q_{\text{в}} / I = q_{\text{в}} (q_{\text{в}} - q_0).$$

Тоді коефіцієнт перетворення для циклу Карно:

$$\varphi_{\text{к}} = T_{\text{в}} / T_{\text{в}} - T_{\text{о}}.$$

Трансформатори теплоти, які працюють за комбінованим циклом (рис. 6.6, в), можуть знайти застосування на об'єктах, де одночасно потрібні теплота і холод. Прикладом таких підприємств можуть служити підприємства, де необхідна одночасно гаряча вода з температурою 40-70 °С на побутові й технологічні потреби і холодна вода з температурою 3-8 °С для кондиціонування повітря приміщень.

6.6 Теплонасосні установки

Класифікація та основні характеристики теплових насосів. Як вже відмічалось, теплові насоси є різновидом трансформаторів теплоти і призначені для одержання теплоносія середнього та підвищеного потенціалу, використовуюваного при тепловому споживанні.

Тепловий насос працює наступним чином. У теплообміннику-випарнику відбирається теплота низького потенціалу і передається так званому робочому тілу (фреону). Утворені у випарнику пари фреонів стискаються в компресорі, одночасно підвищуються їх тиск і температура.

Потім теплота стиснутої пари у конденсаторі передається тепловому споживачеві, а конденсат після дроселювання тиску знову надходить у випарник. Звідси можна зробити висновок, що дія теплового насоса нічим не відрізняється від роботи звичайного компресійного холодильника. Робочими агентами теплових насосів служать: фреон-11, фреон-21, фреон-113, фреон-114, фреон-142, гази й газові суміші (у тому числі і повітря), які мають низьку температуру кипіння при атмосферному тиску.

Тепловіддавачем у випарнику можуть бути джерела природної теплоти - зовнішнє повітря, вода природних водойм, ґрунт і т.д. Якщо тепловіддавачем служить термальна або охолоджена вода промислових печей, конденсаторів турбін та інших виробничих агрегатів, то енергетичний ефект роботи теплового насоса збільшується.

У багатьох країнах світу теплові насоси знайшли широке застосування. Їх загальна потужність сьогодні складає приблизно кілька мільйонів кіловатів.

Теплонасосні станції серійно випускаються в Англії, Франції, Швеції, Японії, країнах СНД та інших країнах світу. У США сьогодні діє більш 2 млн таких установок.

Теплонасосні схеми в Україні ще впроваджуються недостатньо. Це пов'язано з організацією наукових досліджень, можливостями промисловості, але в, першу чергу, співвідношенням цін на теплову та електричну енергію.

Розрахункова ефективність від впровадження теплових насосів дуже велика. У порівнянні з електрообігріванням застосування теплових насосів приводить до 3–5-кратної економії палива. Це підтверджено як лабораторними експериментами, так і досвідом експлуатації відповідних установок.

Використання теплових насосів як низькопотенційних джерел теплоти. Теплові насоси можна використовувати як індивідуальні системи обігріву житлових будинків, окремих будинків і споруд, насосних (каналізаційних, водопостачання) і т.п. Так, для теплопостачання окремих насосних станцій у даний час, як правило, використовують перетворення електричної енергії в теплову за допомогою калориферів чи різних теплоелектронагрівачів (тенів). Сумарна потужність їх обмежена 30 кВт. Це викликає значні труднощі для забезпечення необхідних розрахункових температур повітря усередині насосних станцій.

Для економії електроенергії пропонується застосовувати теплові насоси типу "вода-повітря". У насосних станціях джерелом низькопотенційної теплоти може служити рідина, що перекачується, а теплоносієм, який нагрівається – повітря станції. У цьому разі тепловий насос повинен знаходитись безпосередньо в насосній станції.

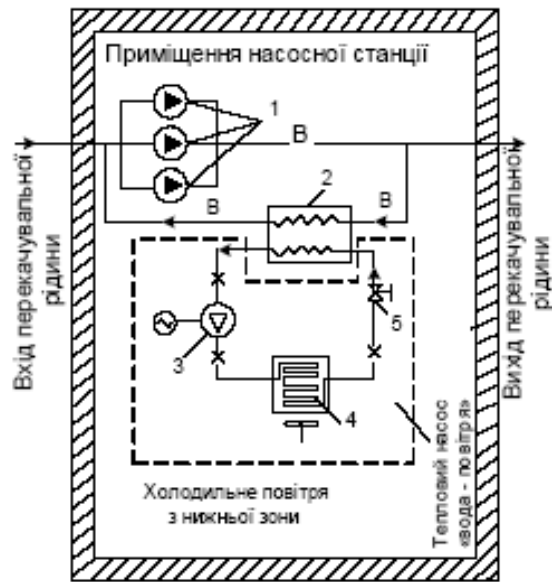


Рисунок 6.7 – Принципова схема опалювання насосної станції за допомогою теплового насоса «вода-повітря» : 1 – технологічні насоси; 2 – випарник; 3 – компресор; 4 – повітряний конденсатор з вбудованим вентилятором; 5 – дросель; В – вода; X – холодоагент (хладон-12), (пунктиром показана заводська поставка)

Принципова схема опалення водопровідної насосної станції за допомогою теплового насоса типу "вода-повітря" наведена на рис. 6.7. Частина води, що перекачується насосами 1, подається на випарник 2, де вона охолоджується за рахунок теплообміну з робочим тілом теплового насоса, випаровуючи його. Охолоджена вода повертається назад у мережу. Пори робочого тіла, що утворилися (хладон-12), з випарника 2 відсмоктуються компресором 3 і стискаються ним до тиску, обумовленого температурою вхідного в конденсатор 4 повітря, де відбувається його нагрівання за рахунок теплоти конденсації робочої речовини. Конденсат робочої речовини через дросель 5 подається знову у випарник 2 і цикл повторюється.

Витрата електроенергії на прокачування води через випарник незначна. Для одержання теплової потужності 10 кВт насосу досить перекачати через випарник приблизно 2,5 м/год води, що складає приблизно менше 1 % обсягу прокачуваної води.

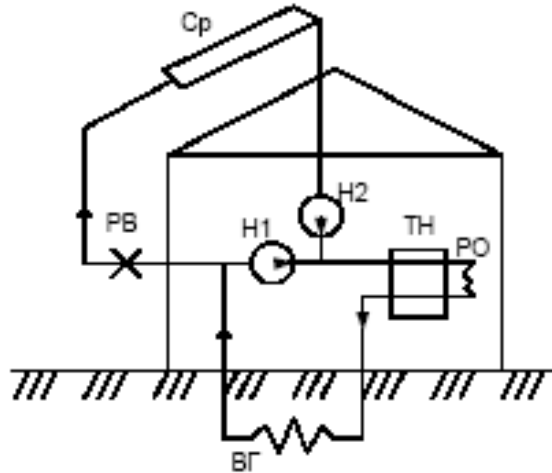


Рисунок 6.8 – Схема опалювання житлових помешкань теплонасосною установкою з використанням теплоти ґрунту і Сонця: ТН – тепловий насос; ВГ – випарник ґрунту; Ср- сонячний радіатор; Н1 і Н2 – циркуляційні насоси; РО – радіатори опалювання; РВ – регульований вентиль для відключення сонячного радіатору

Найбільш розповсюдженою за рубежом є схема з комбінованим використанням теплоти ґрунту і сонячної енергії (рис. 6.8), хоча відомості про економічну ефективність таких схем поки відсутні.

Можлива схема теплонасосного опалення приміщення з використанням вентиляційного повітря показана на рис. 6.9, а з використанням теплоти

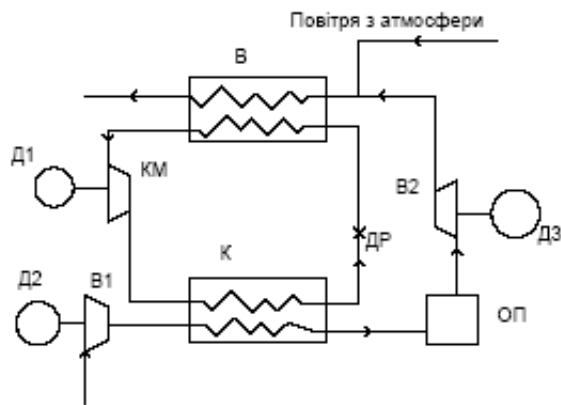


Рисунок 6.9 – Схема теплонасосного опалювання приміщення з використанням теплоти вентиляційного повітря: В- випарник; К – конденсатор; ДР –дросель; ОП – опалювальні приміщення; Д1,Д2,Д3 – електро- та теплові двигуни; В1 та В2 – повітряні вентилятори

природних водойм – на рис. 6.10.

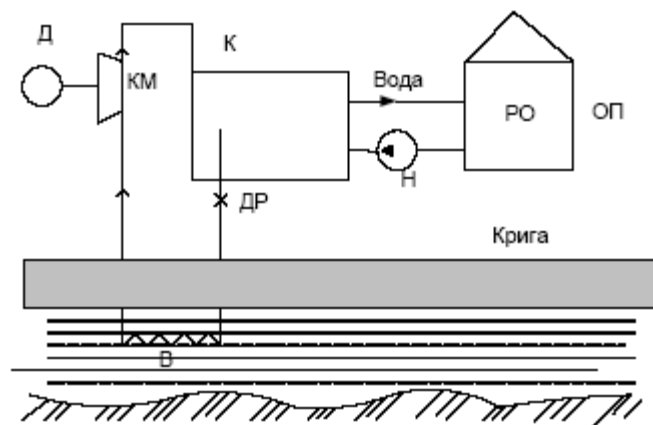


Рисунок 6.10 – Схема теплонасосного опалювання з використанням теплоти водоймищ: В – випарник, К – конденсатор, КМ – компресор, ДР – дросель, ОП – опалювальні приміщення, Н – насос, РО – радіатори опалювання

6.7 Тепловикористовуючі апарати на теплових трубах

Принцип дії, призначення і типи теплових труб. Термін "теплова труба" вперше був використаний у патенті Гровера, представленому від імені Комісії з атомної енергії США в 1963 р. Патент Гровера включав опис пристрою і результати експериментів, проведених з трубами з нержавіючої сталі, в яких гніти були виконані з дротяної сітки, а в якості робочої рідини використовувався натрій.

Теплова труба (ТТ) (рис. 6.11) являє собою пристрій з високою ефективністю передачі теплоти. На внутрішній стінці укріплений гніт, зроблений, наприклад, з декількох шарів тонкої сітки. Труба заповнюється невеликою кількістю теплоносія (робочого тіла), після чого з неї відкачується повітря і вона щільно закривається. Один кінець труби нагрівається, чим викликає випар рідини і рух пари до холодного кінця труби. Тут у результаті охолодження пара конденсується і під впливом капілярних сил повертається до гарячого кінця труби. Оскільки теплота паротворення теплоносія велика, то ТТ при малій різниці температур на кінцях може передавати великий тепловий потік.

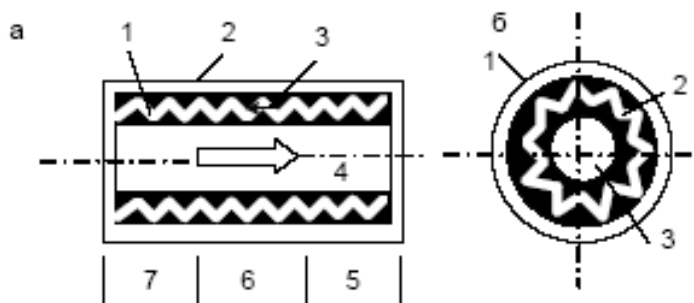


Рисунок 6.11 – Основні елементи теплової труби: а – поздовжній переріз: 1 – гніт; 2 – стінка труби; 3 – повернення рідини по гніту; 4 – пара; 5 – ділянка конденсації; 6 – адіабатна ділянка; 7 – ділянка випару; б – поперечний переріз: 1 – стінка; 2 – гніт; 3 – паровий простір. У ТТ розрізняють три ділянки: зона підведення теплоти або ділянка випару 7; зона переносу теплоти або адіабатна ділянка 6; зона відводу теплоти або ділянка конденсації 5

Випарник у розглянутій трубі може розташовуватися по-різному, тому вона працюватиме в будь-якому положенні. ТТ дозволяє транспортувати теплоту в різних напрямках, по будь-якому прямолінійному і криволінійному каналах, оскільки гніт, який змочується в зоні конденсації, завжди подаватиме теплоносій у зону випару. Круговорот теплоносія в ТТ відбувається незалежно від наявності сил ваги. Завдяки цьому ТТ є універсальним теплопроводом, подібно електричному проводу, що призначений для передачі електроенергії чи світловода, що здійснює передачу світла.

Ефективність роботи ТТ часто визначають за допомогою показника "еквівалентна теплопровідність". Наприклад, циліндрична ТТ, де в якості робочого тіла використовується вода при температурі 150 °С, матиме теплопровідність у сотні разів більшу, ніж мідь. Теплопередаюча здатність ТТ може бути дуже великою. Так, у ТТ, де в якості робочого тіла використовується літій, при температурі 1500 °С в осьовому напрямку можна передати тепловий потік 10-20 кВт/см².

Досить різноманітні теплоносії: ацетон, аміак, фреони, дифенілові суміші, вода, ртуть, індій, цезій, калій, натрій, літій, свинець, срібло, вісмут і неорганічні солі.

При виборі матеріалів і теплоносіїв для ТТ необхідно враховувати їх сумісність (табл. 6.1). У противному разі внаслідок хімічної взаємодії

теплоносія з матеріалом стінки корпусу утворюються продукти реакції у вигляді газу, які не конденсуються, і твердий осад. Відомі десятки різновидів конструкцій ТТ: гладкостінні, гнітові, відцентрові (обертові), електрогідродинамічні труби, труби з ефектом магнітного поля, осмотичні та ін. Найбільш характерні галузі застосування є енергетика, машинобудування, електроніка, хімічна промисловість, сільське господарство (для утилізації низькопотенційних вторинних енергоресурсів). Найбільше застосування вони знаходять при температурі ВЕР 50-250 °С, оскільки в даному температурному діапазоні не потрібно застосування дорогих матеріалів та теплоносіїв.

Таблиця 6.1 - Сумісництво матеріалів ТТ та використаного теплоносія

Матеріал	Теплоносій						
	Фреон-11	Вода	Ацетон	Аміак	Метиловий спирт	Калій	Натрій
Мідь	да	да	да	ні	да	–	–
Алюміній	да	ні	да	ні	ні	–	–
Нержавіюча сталь	да	ні	да	ні	да	да	да
Вуглецева сталь	да	ні	да	ні	ні	–	–
Нікель	да	да	да	ні	да	–	–

Для передачі теплоти по криволінійних каналах можуть бути використані гнучкі теплові елементи. Гнучкість ТТ досягається установкою в корпус трубки (між випарником і конденсатором) гнучкого елемента типу сільфона чи виготовленням трубки з якого-небудь пластичного матеріалу з використанням звичайних металевих секцій для підведення чи відводу теплоти.

Основи теорії теплових труб можна розглянути на прикладі гнотових ТТ. Для забезпечення їх роботи необхідне дотримання співвідношення:

$$p_{k \max} > \Delta p_p + \Delta p_n + \Delta p_t,$$

де $p_{k \max}$ – максимальний капілярний напір, Δp_p – перепад тиску, необхідний для повернення рідини з зони конденсації у випарник, Δp_n – перепад тиску, необхідний для повернення пари з випарної зони в конденсаційну; Δp_t – гравітаційний перепад тиску. При недодержанні цього рівняння гніт у зоні випарювання висохне і не буде працювати

Конструкції тепловикористовуючих апаратів з тепловими трубами. Теплообмінники на теплових трубах (ТТТ) – різновид рекуперативних теплообмінників із проміжним теплоносієм. З'явилися вони на початку ХХ ст., коли була доведена принципова можливість застосування теплових труб в якості ефективних теплопередавальних пристроїв.

Для теплообмінників доцільні порівняно дешеві конструкції ТТ, які мають малі габарити й гарні теплотехнічні характеристики. До таких ТТ можна віднести гладкостінні (термосифони), гнотові й відцентрові. В якості елементів ТТТ можуть успішно застосовуватися електрогідродинамічні, електроосмотичні, магнітогідродинамічні, осмотичні та інші види теплових труб.

Ефективність теплообмінника з тепловими трубами звичайно оцінюється коефіцієнтом $\varepsilon_T = (T_{Г1} - T_{Г2}) / (T_{Г1} - T_{Х1})$, де $T_{Г1}$ і $T_{Г2}$ - температури гарячого теплоносія на вході в теплообмінник і виходу з нього; $T_{Х1}$ – температура холодного теплоносія на вході.

Конструктивно ТТТ виконують з набору ТТ і мають зони випару та конденсації, у деяких апаратах - ще і транспортна (адіабатна) зона, яка не бере участь у процесі теплообміну. Ці зони можуть бути різних геометричних розмірів, які лімітуються можливостями теплових труб по транспорту теплоносія. Випарна зона теплообмінника знаходиться в потоці тепловіддаючого середовища, а конденсація – у потоці теплоприймаючого .

Залежно від агрегатного стану теплоносіїв, які омивають випарну і конденсаційну зону, ТТТ розділяються на три типи:

- газ-газ (повітря-повітря);
- газ-рідина;
- рідина-рідина.

Тепловикористовуючі апарати першого типу застосовують як повітропідігрівники для промислових процесів, у системах опалення і вентиляції приміщення, для кондиціонування повітря, в агрегатах-утилізаторах

тваринницьких ферм та ін. У свою чергу, кожний з типів ТТТ залежно від призначення поділяється на три види:

- процес-процес: для промислових процесів (підігрів повітря для котлоагрегатів, металургійних печей, сушильних камер, печей випалу цегли, цементу і т.п.);
- процес-комфорт: при використанні енергії нагрітого відпрацьованого повітря для обігріву приміщень, що дозволяє відмовитися від індивідуальних котелень;
- комфорт-комфорт: при використанні відпрацьованого повітря з метою підігріву взимку холодного повітря, яке надходить у приміщення, та охолодження теплого повітря влітку.

На рис. 6.12 наведено теплообмінник на теплових трубах типу "газ-газ" для утилізації теплоти газів, які відходять. Випарні зони теплових труб у ньому знаходяться в потоці гарячого газу 1, а конденсаційні зони омиваються холодним повітрям 2, яке необхідно нагріти. Теплообмін усередині такого

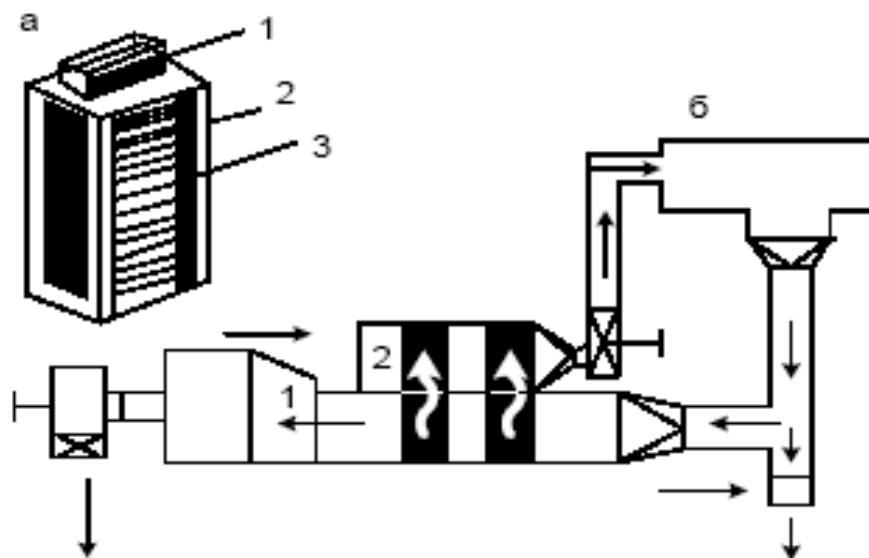


Рисунок 6.12 – Рекуперативний теплообмінник на теплових трубах:
а – загальний вигляд (1 – рама з тепловими трубами; 2 – повітровід;
3 – газовід); б – напрямки потоків (1 – гарячий газ; 2 – холодне повітря)

теплообмінника залежить від положення теплових труб у полі ваги. Ця залежність виявляється особливо сильною при використанні термосифонних теплових труб.

Теплообмінники другого типу (газ-рідина) використовують в умовах, коли виключають взаємодію газу і рідини в широкому інтервалі тисків і температур. Ці ТТТ можуть бути застосовані як конденсатори, нагрівачі й охолоджувачі рідин, парогенератори та ін. Прикладом такого апарата є парогенератор (рис. 6.13) , який включає корпус 5, розділений перегородкою 3 на камери нагрівання 1 і охолодження 10. У камері охолодження розташовані шари 9 і 4 з дисперсного матеріалу у вигляді вільної насипки або спіклої металевої пористої маси, які відокремлені один від одного зазорами 8. У шар 4 пористої металокераміки введені з протилежних сторін (чергуючись і взаємоперекриваючи одні іншими) холодні кінці високотемпературних теплових труб 6 і гарячі кінці низькотемпературних 7.

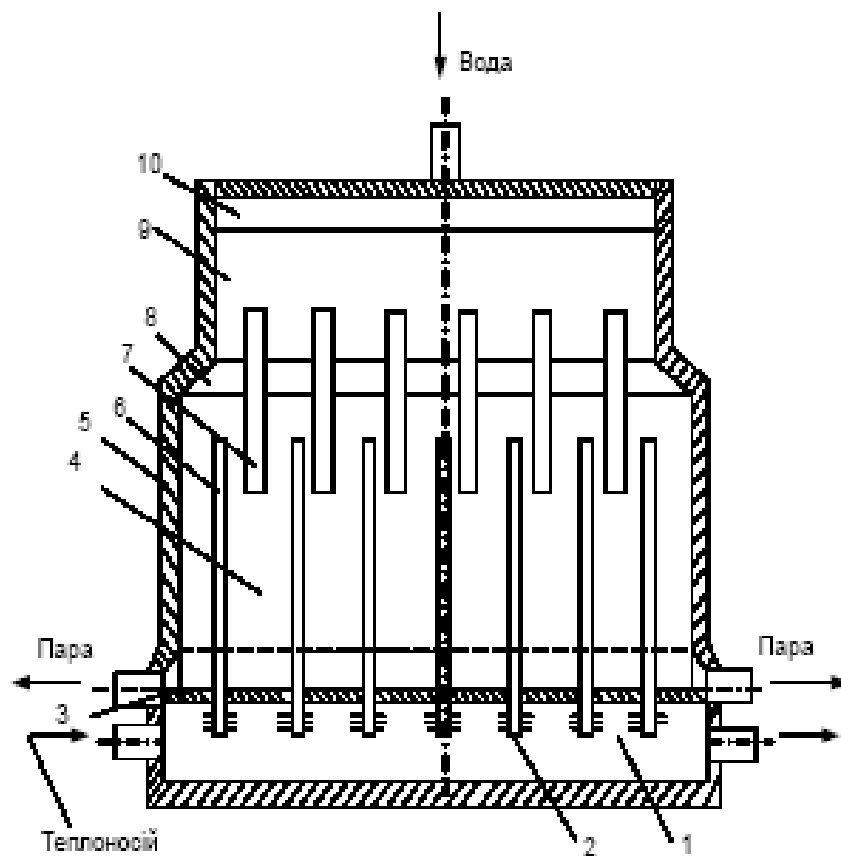


Рисунок 6.13 – Теплообмінник на теплових трубах – парогенератор

У пористий шар 9 введені холодні кінці низькотемпературних ТТ 7. Гарячі кінці високотемпературних ТТ 2 введені в камеру нагрівання 1. Високотемпературні ТТ служать для передачі теплоти з камери 1 у пористий

шар 4, де частина теплоти сприймається гарячими кінцями низькотемпературних ТТ 7, а інша витрачається на перегрів пари. Для здійснення кипіння (випару) рідини, яка надходить з колектора 10 у пористий шар 9, використовується теплота, що передається ТТ 7.

Унаслідок високоінтенсивного внутріпарового теплообміну температура рідини при її русі підвищується, тиск падає і відбувається процес фазового переходу. У зазор попадає насичена пара з краплями рідини.

Вхідна в шар 4 парорідинна суміш перегрівається за рахунок підведення теплоти від ТТ 6 і перетворюється в перегріту пару. Застосування пористої насадки в камерах дозволяє забезпечити високу ефективність і компактність теплообмінного апарата.

Слід зазначити, що в ТТТ типу "газ-рідина" теплоносії можна розташовувати на відносно великій відстані один від одного, а наявність подвійної стінки в теплообміннику і проміжному теплоносії забезпечує надійність і безпеку їх експлуатації.

У тепловикористовуючих апаратах типу "рідина-рідина" тепловіддавачим і теплосприймаючим середовищем є рідина. Принцип роботи цих апаратів такий же, як і в розглянутих вище. Застосовуються вони в основному в хімічній промисловості та в атомній енергетиці в умовах, коли виключається можливість взаємодії тепловіддавачій і теплосприймаючій рідин у широкому діапазоні тиску і температури.

Використання теплових труб для відбору та утилізації. Теплові труби в даний час знаходять широке застосування. При використанні ТТ для утилізації ВЕР можна не тільки підвищити теплову ефективність роботи енергетичних установок, але в багатьох випадках зменшити забруднення навколишнього середовища. Прикладом може служити застосування ТТ у двигунах Стерлінга або в карбюраторних двигунах як випарник палива.

Прикладом використання теплових труб є схема установки ТТ у газоходах двигуна. Випарна зона ТТ розміщується у випускному патрубку, а конденсаційна – у впускному (після карбюратора). У результаті теплота

відпрацьованих газів передається паливно-повітряної суміші завдяки ТТ, забезпечуючи повний випар палива і збільшення парів його конденсації у суміші з повітрям. Було встановлено, що в цих умовах навіть бідна суміш зі співвідношенням повітря-паливо 22:1 спалахується без зусиль. У результаті частина NO_2 та CO_2 у відпрацьованих газах (ВГ) двигуна спалюється до мінімуму.

Теплота ВГ двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) може бути використана для опалення транспортних засобів. Це завдання ефективно вирішується за допомогою ТТТ. Запропоновані опалювальні кабіни автомобіля. Нагрівник складається з патрубків для ВГ і повітря, розділених перегородкою, через яку проходять ТТ. У теплообміннику застосовані ТТ з принциповою (пористою) кільцевою пластиною, яка розділяє з'єднані клапаном зони випару і конденсації. Особливість конструкції нагрівника полягає в тому, що, починаючи з визначеного періоду ΔT , між повітрям і ВГ підвищення температури останнього не приводить до збільшення теплового потоку, робочої температури і тиску в тепловій трубі.

На підставі проведених розрахунків і експериментів встановлено, що використання ТТТ для опалення кабін транспортних засобів за допомогою ВГ ДВЗ дозволило б заощадити в зимовий час до 30 % палива двигунів повітряного охолодження. У той же час установка їх на двигунах рідинного охолодження дозволить запобігти надмірному зниженню температури охолодженої рідини в зимовий час. Для утилізації вторинних енергоресурсів газових турбін та інших енергетичних установок розроблений спеціальний ТТТ. Основним вузлом цього тепловикористовуючого апарата є дискова відцентрова ТТ.

Контрольні запитання

1. Класифікація вторинних енергетичних ресурсів.
2. Характеристика основних видів ВЕР.

3. Напрями використання ВЕР.
4. Енергетична та економічна ефективність використання ВЕР.
1. Схеми використання відпрацьованого тепла.
2. Трансформатори теплоти, їх призначення та використання.
3. Теплові насоси: класифікація, характеристика, використання.
4. Теплові труби як складові тепловикористовуючих апаратів.
5. Конструкції та застосування тепловикористовуючих апаратів на теплових трубах.

Тема 7 ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМУНАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

У житловому господарстві споживається значна частина теплової енергії, одержаної від спалювання твердого й газоподібного палива. Сумарна потреба житлових будинків, які експлуатуються, у тепловій енергії протягом одного року складає кількість, що приблизно в 30 разів більше потреби для нових житлових будинків, які вводяться в експлуатацію. Таким чином можливості економії теплоти в будинках, що експлуатуються, значно більші, ніж у нових.

Налічується п'ять головних показників, зміна яких (при проведенні певних заходів) дозволяє заощаджувати теплову енергію і паливо.

Це зниження: 1) втрат теплоти через зовнішні огорожуючі конструкції будинків (звичайно такі заходи здійснюються при реконструкції або капітальному ремонті житлового будинку); 2) кількості зовнішнього повітря, що надходить до приміщення (через нещільності притворів у заповненнях світлових проміжків) до нормальної величини; 3) витрати теплової енергії в системі опалення будинку; 4) витрати теплової енергії в системі гарячого водопостачання будинку; 5) витрати палива в котельнях.

7.1 Економічні джерела світла

Електричними джерелами світла є лампи розжарювання й газорозрядні (люмінесцентні, низького й високого тиску). Найважливіші характеристики ламп: номінальна напруга, потужність, світловий потік (потужність видимого випромінювання, вимірювана в люменах – лм) і середній термін служби. Економічність лампи оцінюють світловою віддачею – значенням світлового потоку, що припадає на одиницю потужності лампи (лм/Вт). Для ламп накалювання світлова віддача становить 7-19 лм/Вт, для люмінесцентних – 40-80 лм/Вт.

Лампа розжарювання була винайдена А.Н. Лодигінім ще в 1873 р. Але й дотепер немає іншого дешевого пристрою з подібним спектром

випромінювання. У той же час у них є істотний недолік – дуже низький ККД (у межах 0,05). Великою популярністю користується різновид ламп розжарювання – галогенні лампи, термін служби яких досягає приблизно 2000 годин й які характеризуються високим значенням світловіддачі. Це відбувається за рахунок того, що до складу газового заповнення колби галогенної лампи розжарювання додається йод, який за певних умов забезпечує зворотне перенесення випарених часток вольфраму спіралі зі стінок колби лампи на тіло розжарення.

Газорозрядні лампи відрізняються більш високою світловіддачею, тому що в них електрична енергія перетворюється в енергію оптичного випромінювання за рахунок електричного розряду в газах або парах металів. Газорозрядні лампи працюють зі спеціальними пускорегульованими апаратами й поділяються на люмінесцентні лампи низького й високого тиску. Люмінесцентні лампи менше витрачають електроенергії, строк їхньої служби в 5 разів більше в порівнянні з лампами розжарювання. Однак лампи денного світла не витиснули лампи розжарювання, незважаючи на істотні недоліки останніх: холодне світіння та стробоскопічний ефект. Крім того, пускові пристрої обладнання світильників виробляють шуми різної частоти.

Усуненню недоліків як ламп розжарювання, так і люмінесцентних, є застосування електронних пускорегульованих пристроїв (ЕПРП). Це забезпечує роботу ламп денного світла зі світінням частотою 20 кГц, що дозволяє створювати більш енергоекономічні системи внутрішнього освітлення. Одночасно відбувається скорочення витрати електроенергії в результаті значного підвищення напруги живлення люмінесцентних ламп. Так, ЕПРП забезпечують частоту 3040 кГц, що обумовлює споживання лампою всього 9 Вт електричної потужності замість 60 Вт, потрібних для розвитку рівної по світловіддачі ламп накаливання. Термін служби лампи зростає до 8000 годин.

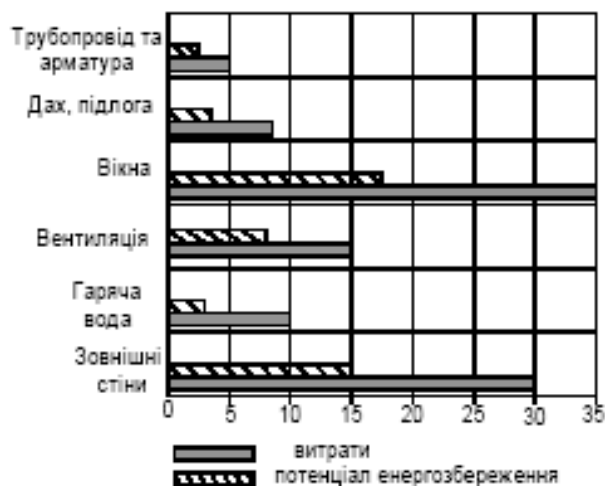
7.2 Енергозбереження в будинках і спорудах

В останній час зростають витрати на опалення, теплове забруднення навколишнього середовища, атмосфери, перевитрата дорогоцінного палива.

Ті, хто заощадив на теплоізоляції будинку, несуть непомірно високі витрати на опалення. Можна навести безліч прикладів, які підтверджують цей факт. Якщо врахувати ситуацію з енергоресурсами й цінами на нафту, то для України вона виявляється дуже складною.

Будинки всіх типів є найбільшими споживачами енергії. Потенціал економії електроенергії в будинках і спорудах дорівнює 30-40 %, а теплової енергії – близько 50 %.

Типова структура витрати теплової енергії будинком, а також потенціал енергозбереження є такими (рис. 7.1):



зовнішні стіни – 30 % (потенціал 50 %); вікна – 35 % (потенціал 50 %); вентиляція – 15 % (потенціал 50 %); гаряча вода – 10 % (потенціал 30 %); дах, підлога – 8 % (потенціал 50 %); трубопроводи, арматура – 2 % (потенціал 5 %).

Рисунок 7.1 – Типова структура витрати теплової енергії будинком і потенціал енергозбереження

Як видно, основне споживання пов'язане з опаленням будинку для компенсації теплових втрат через

вікна, стіни, дах, підлогу, за рахунок вентиляції.

Наприклад, приватні домовласники в Західній Європі використовують

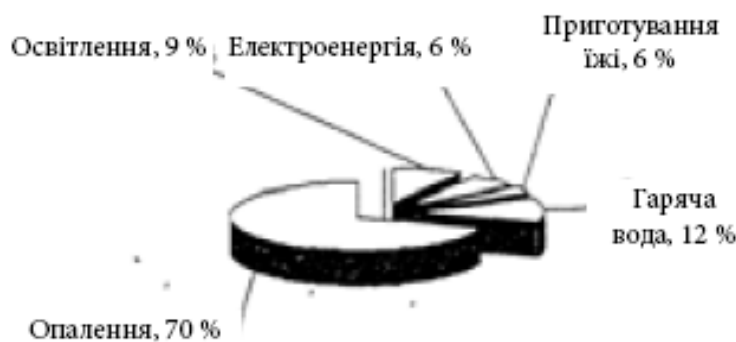


Рисунок 7.2 – Розподіл енергетичних потреб будинків

майже 30 % всієї отримуваної енергії, що становить майже стільки ж, скільки й промисловість, і більше, ніж весь разом узятий транспорт. Більша частина витраченої енергії (70 %) йде на опалення

приміщень (рис. 7.2). Враховуючи величезну кількість будинків і споруд,

необхідно приділяти багато уваги теплоізоляції і енергозбереженню. При тому, що, витрати на опалення 1 м² у Німеччині й України відносяться як 1:1,75.

Як правило, існуюча теплоізоляція будинків не відповідає стандартам. Будинки, які будуються або модернізуються, визначають нові межі споживання енергії й теплового тиску на навколишнє середовище, а також ціни на енергію в майбутньому.

Енергозберігаючі заходи в будівлях є засобом скорочення загального енергоспоживання. Тому житлове приміщення, відповідно до стандартів теплоізоляції, повинно відповідати наступним параметрам: середній коефіцієнт теплопровідності стін – 0,66 Вт/(К); норма обміну повітря - 0,8 раз/год; ККД приладів опалення – 80 %; річна потреба тепла – 26200 кВт год; річне споживання тепла на 1м² – 140 кВт год.

При застосуванні сучасної будівельної й теплозахисної технології з'являється можливість утримати річне споживання енергії в межах 30-70 кВт·год/м² корисної площі, що відповідає споживанню 37 л нафти або 3-7 м³ газу на 1 м² житлової площі в рік. Найбільш жорсткі вимоги з енергозбереження, ніж інші країни Західної Європи має Швеція, де споживання тепла на 1м² житлового простору становить 60-70 кВт год. Якщо k – коефіцієнт теплопередачі – одиниця, яка визначає проходження теплового потоку потужністю 1 Вт крізь елемент будівельної конструкції площею 1 м² при різниці внутрішньої й зовнішньої температури в 1 Кельвін, то його рівень, для житлового будинку k дорівнює:

- стеля (12 см ізоляції) – 0,35;
- пінобетон 30-36 см або легка цегла – 0,66;
- підлога (5 см теплоізоляції) – 0,68;
- теплоізольовані вікна – 0,3.

Річний приплив і втрати енергії звичайного будинку становлять:

- приплив сонячної енергії – 6700 кВт год;
- внутрішні джерела тепла – 2700 кВт год;
- вентиляція – 7700 кВт год;

- втрати через вікна – 9000 кВт год;
- втрати через підлогу, підвал – 100 кВт год;
- втрати через стіни – 6600 кВт год;
- втрати через дах – 4000 кВт год;
- втрати через систему вентиляції – 5200 кВт год.

У вигляді стандарту можна розглянути будинок з низьким енергоспоживанням (БНЕ), що споживає теплової енергії менше 70 кВт год/м² у рік (від 70 до 30 кВт год/м²). Це відповідає річному споживанню теплової енергії від 300-700 м³ газу при житловій площі 100 м². БНЕ відрізняється також малим споживанням енергії для забезпечення гарячою водою.

Низьке енергоспоживання таким будинком забезпечують:

- добрі теплоізолюючі властивості будівельних елементів (стін, вікон, даху, підлоги, підвалу);
- сумлінне виконання ізоляції, недопущення тепловтрат, щільна оболонка будівлі (захист від вітру і т.п.);
- пасивне використання сонячної енергії і її акумулювання (добове або сезонне);
- керований повітрообмін (по можливості, повернення тепла);
- добре регульовані опалювальні пристрої;
- енергоекономне забезпечення гарячою водою, можливо за допомогою сонячної енергії в літню пору;
- усунення марних витрат електроенергії.

7.3 Теплова ізоляція трубопроводів, будинків і споруд

Як було показано раніше, ізоляційні властивості матеріалу характеризуються значенням коефіцієнту теплопровідності, що вимірюється у Вт/(К). Добрий ізолятор – це матеріал, у якого низьке значення теплопровідності.

Серед властивостей, завдяки яким пінополіуретани (ППУ) широко використовуються в ізоляції труб для централізованого теплопостачання,

насамперед слід назвати високу механічну міцність, гарну термостійкість, можливість наповнення вузьких просторів, низьке водопоглинання.

Поліуретанова піна є чудовим ізоляційним матеріалом, її застосування дозволяє ефективно знизити втрати тепла під час транспортування гарячої води або пари в попередньоізольованих трубах централізованого теплопостачання. Пінополіуретан містить від 92 до 98 % закритих пор, які заповнені ізоляційними газами. Тільки від 8 до 2 % пінополіуретанів включають твердий полімер. Вміст твердого полімеру визначається щільністю ППУ. Чим вище щільність ППУ, тим вище відсоток твердого полімеру. Закриті пори заповнені газом, що утворюється під час виробництва поліуретанової піни. Існує можливість впливу на структуру пор шляхом використання різних спінюючих агентів. Це впливає на термостійкість піни, тому що структура газу визначає її кінцеву термічну провідність (до 60 %). Можна знизити термічну провідність ППУ шляхом заповнення пор кращим ізоляційним газом. Якість теплоізоляції є найважливішим параметром енергоспоживання будинку. Коефіцієнт теплопередачі повинен бути в межах від 0,3 Вт/(м² К) до 0,2 Вт/(м² К), що відповідає збільшенню середньої товщини утеплюючого шару, від 15 до 20 см. Таких значень можна досягнути у різних конструкціях будинків і споруд, використовуючи наступні підходи:

- кладка з утеплюючим шаром 15-20 см і повітряним проміжком під зовнішньої оболонкою;
- подвійна стіна з товщиною утеплюючого шару 15 см з пористого наповнювача;
- одношарова кладка з низькотеплопровідного матеріалу, оштукатурена з двох сторін (наприклад, пресований солом'яний або газобетонний блок мінімальною товщиною 49 см).

Серед теплоізоляторів-наповнювачів існують певні відмінності. Наприклад, широко застосовуваний пінопласт не зовсім безпечний. Перевагу слід віддавати природним, екологічно чистим матеріалам (аглопорит, керамзит, перліт й ін), які одержують із відходів виробництва при розробці кар'єрів.

Перелік заходів для утеплення огорожуючих конструкцій наведений у табл. 7.1.

Таблиця 7.1 – Заходи з утеплення огорожуючих конструкцій

Захід	Витрати, у.о./м ²	Заощадження, %
Усунення перетічок холодного повітря за рахунок простого утеплення вікон і дверей	мінімальні, < 1	10
Потрійне остеклення (скорочує приплив УФ-радіації) або натяжка поліетиленової плівки на рами	3	5-10
Спеціальні штори на вікна	15	15-20
Утеплення горища: додаткова ізоляція товщиною 100-150 мм	20-30	4-7
Утеплення ділянки стіни за радіатором	мінімальні	2-3

Ізоляційні характеристики заскління й склопакети. Заповнення віконних прорізів повинні мати характеристики по захисту втратам тепла, як і стінні огорожуючі конструкції, забезпечуючи при цьому необхідну освітленість, комфортне провітрювання, простоту й зручність в експлуатації. Оптимально опір теплопередачі вікон, має бути не нижче показника $R > 0,6$ (м² К)/Вт (R – величина, зворотна коефіцієнту теплопередачі). Це досягається засобами: установкою рами із двошаровим теплозахисним склом. Теплозахисні вікна мають спеціальний шар, який значно зменшує втрати тепла. Цей ефект збільшується при наявності невеликого зазору між першим і другим шаром: у такому випадку витрата тепла зменшується майже у два рази. Вікна в теплозахисному виконанні коштують на 15-20 % дорожче звичайних, але витрати компенсуються економією на опалення. Віконна рама повинна мати утеплюючий шар як із зовнішньої, так і з внутрішньої сторони. Для заповнення віконних прорізів широко застосовуються склопакети, що складається з двох або більше шарів скла, з'єднаних між собою по контуру таким чином, що між ними утворюються герметично замкнуті порожнини, заповнені зневодненим повітрям або іншим газом. Опір теплопередачі одного звичайного скла

становить приблизно $0,17 \text{ (м}^2 \text{ К)/Вт}$, а склопакета із двох звичайних стекол – $0,36-0,39 \text{ (м}^2 \text{ К)/Вт}$. Опір теплопередачі трискляного вікна з урахуванням матеріалу, з якого воно виготовлено, може перевищувати $0,6 \text{ (м}^2 \text{ К)/Вт}$. Найбільший ефект досягається при використанні в склопакеті одного із стекол з селективним покриттям, здатним відбивати теплові хвилі усередину приміщення і одночасно пропускати зовні сонячне теплове випромінювання. Тільки за рахунок застосування у склопакеті такого скла, а також введення в міжскляний простір більш щільного, ніж повітря, газу, наприклад аргону, криптону або ксенону, можна домогтися величини термічного опору, що наближається до одиниці. Конструктивна рішення вікон можуть сприяти досягненню термічного опору теплопередачі, рівному $1,8-2,0 \text{ (м}^2 \text{ К)/Вт}$.

Традиційна технологія виготовлення склопакетів зводиться до сполучення на певній відстані один від одного двох або трьох стекол. В якості матеріалу, що забезпечує необхідну міжскляну відстань, застосовується алюмінієвий перфорований профіль коробчатого перерізу (середник), усередину якого засипається зернистий осушувач повітря – силікагель. Профіль кріпиться до стекол за допомогою бутилової маси (внутрішній шов), а по торцях утвореного склопакета укладається міцна полісульфідна маса (зовнішній шов). Методи виробництва склопакетів постійно вдосконалюються.

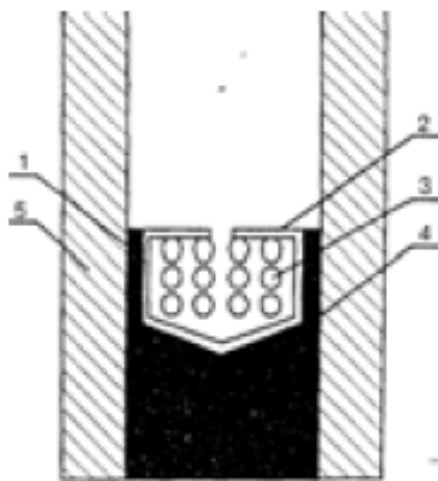


Рисунок 7.3 – Принципова схема конструкції традиційного ізолюючого склопакету:

1 – внутрішній шов; 2 – середник; 3 – осушувач; 4 – зовнішній шов; 5 – скло

Наприклад, відомий метод, коли проміжний простір (середник) заповнюється за допомогою бутилової гумової стрічки, зміцненої металом. Слід зазначити, що матеріал, з якого зроблений середник, впливає на теплоізолюючі властивості країв склопакету (рис. 7.3).

7.4 Підвищення ефективності систем опалення

Основною особливістю існуючих систем опалення є те, що вони розраховані на постійну витрату теплоносія. Регулювання надходження теплоносія в нагрівальні прилади споживачів може привести до порушення гідравлічного режиму системи опалення. Для запобігання перегріву приміщень у перехідні періоди опалювального сезону (навесні й восени), а також розрегулювання системи опалення необхідно провести зміни схеми теплового вузла в будинках (у мешканців), перш ніж встановлювати індивідуальні засоби регулювання (автоматичні або ручні). Розглянемо приклад такої системи опалення, що задовольняє вищенаведеним вимогам (рис. 7.4).

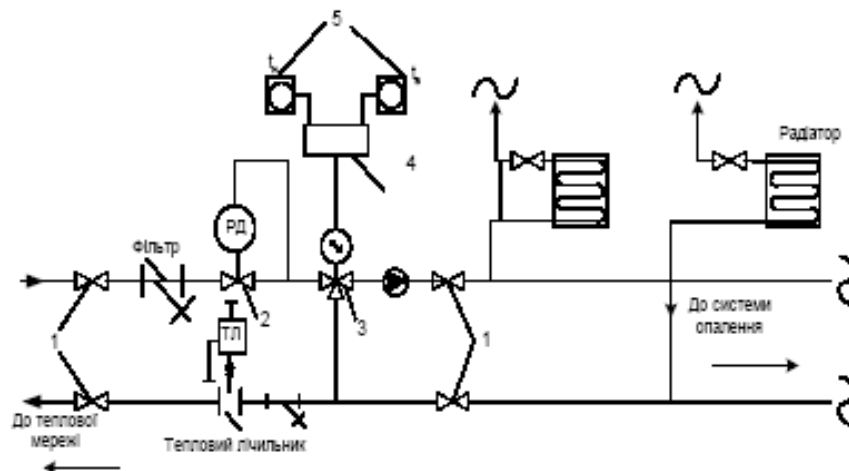


Рисунок 7.4– Схема вдосконаленої системи опалення: 1 – запірні засувки; 2 – регулятор тиску; 3 – триходовий клапан; 4 – блок керування; 5– датчики температури

На тепловому вузлі повинні бути встановлені: запірна арматура (крани, засувки); фільтри механічного очищення; автоматичні регулятори температури води, що подається на кожний фасад будинку, які працюють залежно від температури зовнішнього й внутрішнього повітря. Для цього система повинна бути розділена на дві половини, південну й північну: циркуляційний насос; регулятор витрати (тиску). Труби, засувки та інші елементи повинні бути ізольовані. У будинку на радіаторах встановлюються індивідуальні засоби регулювання (ручні або термостатичні вентилі); лічильники-розподільники тепла, призначені для оцінки індивідуального енергоспоживання.

Заходи для удосконалення систем опалення представлені в табл. 7.2. З таблиці видно, що найбільш ефективними є автоматизація теплового вузла й установка ручних регуляторів на кожному опалювальному приладі, які забезпечують найменший строк окупності витрат.

Для забезпечення надійної роботи всі системи повинні проектуватися індивідуально, з попереднім енергетичним обстеженням.

Таблиця 7.2. Заходи для вдосконалення систем опалення

Заходи	Витрати, у.о./м ²	Заощадження, %	Окупність, років
Автоматизація теплового вузла	4000	15-20	1,5
Установка надійних ручних регулювальних кранів на кожному нагрівальному приладі	10	5-7	1,5
Установка автоматичних термостатичних кранів	40	10	9,3

Останнім часом одержали поширення електронні системи регулювання. Типова схема однієї з них наведена на рис. 7.5.

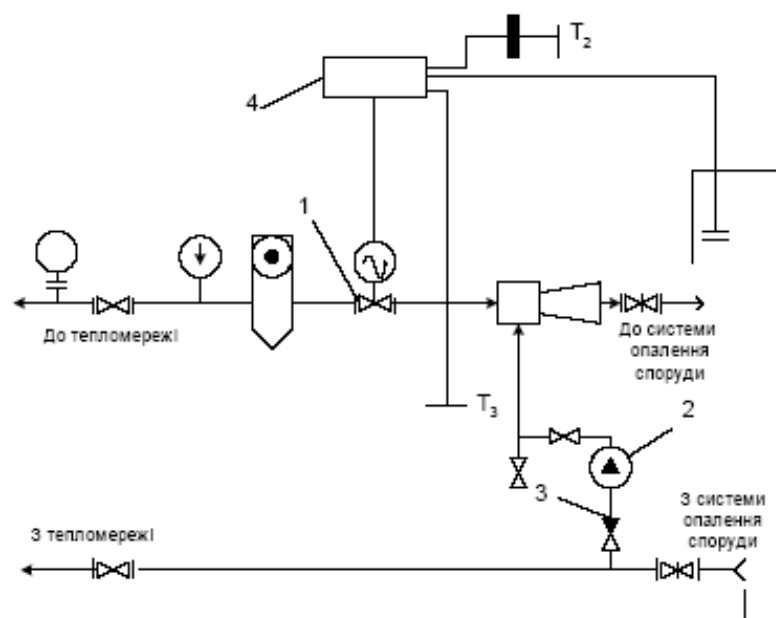


Рисунок 7.5– Типова схема електронної системи регулювання теплопостачання: 1 – засувка; 2 – ЦН; 3 – зворотний клапан; 4 – блок керування

Основними елементами таких систем є блок регулювання, підмішуючий циркуляційний насос і регулюючий клапан. Вони дозволяють забезпечити добове регулювання подачі теплоносія у двох режимах; недолік – відсутність гнучкості при програмуванні тижневих і річних циклів, а також відсутність захисту від несанкціонованого втручання в роботу.

Одним із зручних, найбільш гнучких за своїми функціями пристроїв, є сімейство регуляторів, що виконані на основі мікропроцесорів. Вони мають програмований календар з можливістю обліку вихідних і святкових днів і гнучке програмування режимів роботи. Змінюючи ступінь закриття клапана, пристрій регулює температуру подаваного в будинок теплоносія. Сталість об'єму циркуляції теплоносія досягається наявністю циркулюючого насоса. Керується і програмується пристрій за допомогою інфрачервоного пульта ручного керування, що забезпечує повний захист від несанкціонованого доступу. Датчики температури, виконані на основі мікросхем, що дозволяє вести опитування їх будь-якої кількості по трипровідній лінії. За допомогою стандартного інтерфейсу можна поєднувати декілька пристроїв у мережу й програмувати їх роботу із центральної ЕОМ.

З огляду на те, що значна частина опалювального сезону в Україні має позитивну температуру зовнішнього повітря, можна стверджувати, що автоматичне регулювання витрати теплоносія дозволить заощадити не менше 15 % теплової енергії за опалювальний сезон. Для будинків, які споживають за опалювальний сезон 1000 і більше Гкал теплової енергії, при нинішній вартості енергоресурсів окупність програмованих пристроїв автоматичного керування тепlopостачанням становить 2-3 місяці опалювального сезону.

7.5 Автономні енергоустановки

Останнім часом широко застосовуються газові опалювальні прилади для квартир, особняків, офісів, магазинів, майстерень, комунальних споруд. Прилади монтують на стіну й підключають до димоходу, завдяки чому відбуває нагрівання води й опалення будинків. Переваги таких приладів –

енергоекономічність, рентабельність, рівномірне опалення, чистота й зручність в експлуатації.

Постійна температура нагріваної води забезпечується термостатом. Ефективна циркуляція і тиск води за допомогою насоса дають можливість застосовувати труби невеликого діаметра. Теплова енергія спаленого на пальнику газу передається воді, що циркулює від насоса через теплообмінник і через радіатори, підключені до нього, а потім передається повітрю у приміщення.

Становлять інтерес ефективні системи опалення, засновані на опаленні м'яким інфрачервоним випромінюванням, які, на відміну від конвективного способу обігріву, дозволяють знизити на 90 % споживання енергоресурсів. Робота систем заснована на принципі перетворення теплоти згоряння газу в теплові промені без проміжних теплоносіїв (води, пари). Джерелами інфрачервоного випромінювання служать спеціальні тепло-випромінюючі труби, всередині яких циркулюють високотемпературні гази низького тиску.

Необхідно звернути першочергову увагу на питання диверсифікації, зокрема використання енергоекономічних газогенераторних установок, котлоагрегатів, які призначені для тепlopостачання будинків і споруд, одержання гарячої води й пари в різних технологічних процесах і для побутових потреб. Основним паливом для них служать відходи деревообробки, дріб'язок торф'яних брикетів, тріска, кора, лігнін та інші тверді горючі матеріали. Перевагою вищевказаних агрегатів є їх високий ККД, низька вартість, простота конструкцій і обслуговування, а також можливість використання дешевих місцевих видів палива й відходів промисловості.

7.6 Ефективне використання електропобутових приладів

Не маючи лічильника, не можна судити, наскільки ефективні заходи щодо зниження енергоспоживання. Сам по собі лічильник не знижує споживання, але дає стимул до заощадження енергії. За рахунок установки

лічильника, а також правильних розрахунків з постачальником енергії знижується сума оплати за теплову енергію на 20-30 %.

У даний час одержали поширення прилади для обліку витрати рідини, газу й тепла. Через особливу актуальність побутового енергозбереження й пов'язаного з ним обліку енергоресурсів розпочато їх виробництво. Для обліку витрати води застосовують крильчасті й турбінні водолічильники, технічні вимоги яких викладені у відповідних ГОСТах. Для обліку витрати газу в квартирах і на дачах застосовують побутові лічильники ротаційного типу, які забезпечують надійну роботу при пульсуючих тисках газу. Відомо, що надмірна витрата тепла позначається на собівартості продукції, тому ефективний облік тепла можливий за допомогою теплолічильників.

Дані теплолічильники використовують в системах опалення і гарячого водопостачання. У комплект входять витратомір, термопари й процесор. Діапазон вимірювання температур теплоносія – 5-180 °С, діапазон виміру витрати теплоносія – 0,2-120 м³/год, діаметр умовного проходу труби – 20-80 мм.

Ефективне використання електропобутових приладів. Вибір і використання найбільш економічних електроприладів дозволяє істотно скоротити споживання електроенергії.

Електроплити. Вони є самим енергоємним споживачем електроенергії. Річне споживання електроенергії однією електроплитою становить 1200-1400 кВт год. Їх застосування замість газових плит і плит на твердому паливі істотно поліпшує санітарно-гігієнічні умови на кухні й у будинку (відсутність чадного газу). Для економії енергії необхідна своєчасна заміна несправних конфорок, для поліпшення теплопередачі – щільний контакт використовуваних для нагрівання поверхонь, застосування спеціального посуду та інші заходи.

Холодильники. Слід зазначити, що компресорний холодильник залежно від об'єму споживає 250-450 кВт год, абсорбційний – 500-1400 кВт год у рік. Економічність їх використання залежить від режиму роботи й дотримання

правил експлуатації. Побутові холодильники розраховані на роботу в сухому, опалювальному приміщенні при температурі навколишнього повітря 16-32°C.

Пральні машини. Найбільш енергоекономічними є автоматичні машини, вмикання і вимикання яких робиться за програмою.

Праски з регулюванням температури. Встановлено, що оптимальна температура прасування для виробів зі штучного шовку складає 85-115°C, вовни – 140-165°C, натурального шовку – 115-140°C, бавовняної тканини – 165-190°C, лляної – 190-230°C. Використання цих даних дозволяє підвищити продуктивність праці на 40-60 %, а витрата електроенергії знизити на 20-25%.

Пилососи. Для ефективної роботи пилососа велике значення має гарне очищення пилозбірника, що поліпшує тягу повітря.

Побутові кондиціонери. Для внутрішньоквартирного використання часто застосовують кондиціонер типу БК-1500, який ефективно працює при закритих кватирках і дверях.

Радіотелевізійна апаратура. Для її ефективної роботи необхідні своєчасне охолодження і систематичне очищення від пилу.

Контрольні запитання

1. Класифікація вторинних енергетичних ресурсів.
2. Характеристика основних видів ВЕР.
3. Напрями використання ВЕР.
4. Енергетична та економічна ефективність використання ВЕР.
2. Енергозберігаючі заходи в будинках і спорудах.
4. Теплова ізоляція.
5. Необхідність вдосконалення систем опалення.
6. Автономні енергоустановки.
7. Ефективне використання електропобутових приладів.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. Быстрицкий Г.Ф. Энергосиловое оборудование промышленных предприятий –М.: Академия, 2003. – 302 с.
2. Закладний О.М. Энергозбереження засобами промислового електропривода: Навч. посібник для студ. вищ. навч. закл. / О.М.Закладний, А.В. Праховник, О.І.Соловей. – К.: Кондор, 2005. – 408 с.
3. Качан Ю.Г. Основы энергосбережения: Конспект лекций для студентов всех форм обучения специальности 8.000007 “Энергетический менеджмент”. – Запорожье: ЗГИА, 2004. – 183 с.
4. Лисиенко В.Г. Хрестоматия энергосбережения: Справочник в 2-х книгах / Лисиенко В.Г., Щелоков Я.М., Ладигичев М.Г. – М.: Теплотехник, 2005.
5. Маляренко В.А. Енергетичні установки. Загальний курс: Навч. посібник. 2-е видання – Харків: «Видавництво САГА», 2008. – 320 с.
6. Рей Д. Экономия энергии в промышленности – М.: Энергоатомиздат, – 1983. 208 с.
7. Стратегія енергозбереження в Україні: Аналітично-довідкові матеріали в 2-х томах: Механізми реалізації політики енергозбереження / За ред. В.А. Жовтянського, М.М. Кулика, Б.С. Стогнія. – К.: Академперіодика, 2006.
8. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л., АНІПКО О.Б., МАЛЯРЕНКО В.А., АБРАМОВ Ю.О., КРИВЦОВА В.І., КАПУСТЕНКО П.О. Основи енерготехнології промисловості: Підручник для студентів не теплоенергетичних спеціальностей. Харків: НТУ «ХП», 2002. – 436 с.
9. Чоджой М. Х. Энергосбережение в промышленности. М., Металлургия, 1982, – 272 с.
10. Энергетический менеджмент/А.В. Праховник, А.И. Соловей, В.В. Прокопенко и др. – К.: ИЕЕ НУТУ «КПИ», 2001. – 472с.

